

**Российская академия наук  
Институт психологии**

**НОВИКОВ Николай Борисович**

**1000 аналогий, изменивших науку  
(новый взгляд на гениальность)**

Москва – 2010

## Оглавление

|  |     |
|--|-----|
| <b>Предисловие</b>   | 3   |
| <b>Глава 1</b>   |     |
| Актуальность исследования феномена гениальности                                  | 4   |
| Гениальность как помешательство  | 5   |
| Гениальность и аутизм  | 6   |
| Врожденные задатки таланта   | 6   |
| Психофизиологический субстрат гениальности                                       | 7   |
| Гениальность как сублимация  | 8   |
| Подагра и высокая умственная активность  | 8   |
| Низкий коэффициент интеллекта Фарадея и других ученых                            | 9   |
| Альтернативное тестирование  | 10  |
| Однояйцевые близнецы и работы Сирила Берта                                       | 10  |
| Личностные особенности выдающихся ученых   | 11  |
| В.П.Эфроимсон и его «Генетика гениальности»                                      | 12  |
| Гигантские резервные возможности мозга – существуют ли они?                      | 16  |
| Эксперимент Роберта Грэхема  | 17  |
| Результаты исследования и воспитания слепоглухонемых детей                       | 18  |
| Успехи обучения техническому творчеству  | 19  |
| Исследования М.Розенцвейга, Э.Беннета и М.Даймонд                                | 20  |
| Изменился ли интеллект человека за сотню тысяч лет?                              | 21  |
| Насколько реальна интуиция как механизм работы мозга?                            | 24  |
| Аналогия между теоремой Геделя о неполноте и принципом                           |     |
| Берталанфи-Пригожина об открытости самоорганизующихся систем                     | 29  |
| Природа человеческой логики  | 32  |
| Критика индукции со стороны К.Поппера и М.Бунге                                  | 34  |
| Критика фактора случая в исследованиях И.Канта и Ж.Адамара                       | 36  |
| Об эволюционном происхождении человеческой логики                                | 38  |
| Способность животных к экстраполяции   | 40  |
| Интеллектуальные способности птиц  | 41  |
| Интеллект морских млекопитающих (дельфинов)                                      | 42  |
| Когнитивные аспекты поведения обезьян  | 44  |
| Решение проблемы, поставленной В.Г.Редько  | 50  |
| Дополнительные аргументы против положения<br>о генетической детерминации таланта | 50  |
| Метод историко-научной реконструкции   | 55  |
| <b>Глава 2</b>   |     |
| Аналогии в области физики  | 63  |
| <b>Глава 3</b>   |     |
| Аналогии в области астрономии  | 334 |
| <b>Глава 4</b>   |     |
| Аналогии в области химии   | 358 |
| <b>Глава 5</b>   |     |
| Аналогии в области геологии  | 395 |
| <b>Глава 6</b>   |     |
| Аналогии в области биологии и медицины   | 399 |
| <b>Глава 7</b>   |     |
| Аналогии в области экономики   | 482 |
| <b>Глава 8</b>   |     |
| Аналогии в области психологии, этологии, лингвистики                             | 502 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Глава 9</b>   |     |
| Аналогии в области математики                                  | 535 |
| <b>Глава 10</b>  |     |
| Аналогии в области техники и технологии                        | 644 |
| <b>Заключение</b>  | 708 |
| <b>Литература</b>  | 720 |
| <b>Приложение (Аналогии в области музыкального творчества)</b> | 756 |
| <b>Литература к приложению</b>                                 | 871 |



## **Предисловие**

Наш интерес к проблеме творчества и гениальности возник из знакомства с литературой, в которой подчеркивалось, что эта проблема имеет высокую значимость для общества, а ее решение, до сих пор отсутствующее, расширило бы горизонты научной мысли и перспективы управления многими из тех психологических процессов, которые образуют фундамент творческой деятельности. Чем больше мы углублялись в исследование данной проблемы, тем острее начинали осознавать, насколько высока, если так можно выразиться, степень ее междисциплинарности, зависимости от результатов самых разных наук. Разнородные знания и идеи, накопленные в этих науках, требовали анализа, но этот анализ часто затруднялся тем, что теории и концепции не всегда согласуются друг с другом, а в ряде случаев и просто противоречат друг другу, так как создатели этих концепций находятся в состоянии «хронических» дискуссий со своими оппонентами. Тем не менее, аналитическая работа медленно продвигалась, новые факты, а также новые интерпретации старых фактов порой неожиданно давали ключ к решению, и это решение становилось условием для дальнейшего исследования. Какая-то настойчивость, можно даже сказать, «упрямство» заставляли переходить из одной области знания в другую, игнорировать границы, существующие между разными дисциплинами, сомневаться в представлениях, ставших традиционными. Выполнять подобную работу, как правило, не рекомендуется аспиранту, который выбрав тему для своих научных занятий и определившись с методами исследований, должен погрузиться в четко определенную область и стараться не выходить за ее пределы. Если он захочет проявить любопытство, посмотреть: «А что там, за границей моей области?», выйти за рамки своей специализации, его научный руководитель быстро его остановит, дав понять, что не следует заходить так далеко, заходить туда, где заканчивается наша компетентность. Попытки аспирантов использовать разнородные знания, то есть информацию из разных наук нежелательны еще и потому, что трудно во время процедуры защиты диссертации найти столько специалистов-оппонентов, сколько научных областей вы рассмотрели (проштудировали) для использования результатов этих областей (дисциплин) в своей работе. В связи с тем, что эти правила подготовки научных диссертаций установлены и существуют достаточно давно, легко догадаться, сколько важных исследований, не сумевших

удовлетворить этим правилам, были «забракованы» в самом начале и канули в небытие. Между тем истинно научное исследование предполагает выход за пределы узкого круга идей и принципов, выявление связей между отдаленными теориями и проблемами, «перебрасывание мостов» между разными парадигмальными структурами. Как заметил А.В.Юревич в книге «Психология и методология» (2005), редукционизм, т.е. выход за пределы изучаемой системы при ее объяснении, неизбежен в науке, так как является основой углубления объяснений и их выхода на тот уровень, который принято считать научным. «...Подлинно научное объяснение, - подчеркивает А.В.Юревич, - предполагает поэтапную редукцию – последовательное помещение объясняемых явлений во все более широкие системы координат, сопровождающееся абстрагированием от их исходных свойств. Если следовать этой схеме, а ей следуют все естественные науки, то придется признать, что психологии придется не только «легализовать» все основные виды редукционизма (биологический, социальный и др.), которых она упорно стремится избежать, но и сделать их ориентирами психологического объяснения» (Юревич, 2005, с.225-226).

Возможно, когда-нибудь понимание этого обстоятельства приведет к тому, что прежние правила выполнения научных работ в аспирантурах будут отменены, а синтез разнородной информации будет только приветствоваться. Станет привычным слышать от научного руководителя советы типа следующих: «Если вам для решения Вашей проблемы нужны одновременно данные психологического тестирования, исследования в области генетики интеллекта, теорема Геделя о неполноте, понятие вероятностной логики, многочисленные концепции интуиции, если вы нуждаетесь в идее консервативных генов, анализе развития однойцевых близнецов, данных о личностных особенностях выдающихся ученых, информации о роли фактора случая в индуктивном обобщении, достижениях этологии в сфере исследования интеллекта животных, сведениях о пластичности нервной системы или методе историко-научной реконструкции для описания генезиса научных открытий, то спокойно используйте все эти данные в своей работе и не думайте о том, что Вам придется неоднократно выходить за рамки одной научной дисциплины!»

## Глава 1

### **Актуальность исследования феномена гениальности**

Ученых всегда интересовал вопрос о возможностях человеческого интеллекта, о механизмах работы мозга, позволяющих ему познавать окружающий мир и свое место в этом мире, о психологических особенностях тех людей, которым удается оставить глубокий след в истории цивилизации и которых мы называем гениями.

Философская мысль давно осознала неизмеримую ценность этих людей в развитии человечества, огромную роль этих личностей в жизни общества. Трудно найти хотя бы одно научное или культурное завоевание, поднявшее цивилизацию на новую степень жизнедеятельности, которое было бы совершено без их самоотверженной работы. По существу, все научные и технические достижения, поражающие нас своим совершенством, представляют собой результат их интеллектуальных поисков и усилий. Не будет преувеличением сказать, что всякий раз, когда мы называем себя разумными существами, нам следует помнить, что именно творческие люди в значительной степени определяют наше право оценивать себя подобным образом.

Актуальность исследования проблемы гениальности обсуждается в огромном числе научных работ. Интерес к данной проблеме распространился и в область художественной литературы. Определенный стимул этому сообщила кибернетика, которая в пору своей «юности» (а юности всегда сопутствует смелость) с достаточной степенью уверенности ставила цель воспроизвести в автомате мышление гениев. Ярким примером рассмотрения незаурядных творческих способностей выдающихся людей на страницах художественного произведения является книга Ш.Алимбаева «Формула гениальности» (1983). В данной

повести Ш.Алимбаев словами одного из главных персонажей констатирует: «Проблема таланта и гениальности привлекает к себе все большее и большее внимание широкой общественности. Обостренный интерес к ней, конечно, не случаен. За всю историю существования человечества люди пытались понять и объяснить величайшие творческие способности гениев. Сотни и тысячи самых больших умов всех времен и народов размышляли над этой проблемой, но так и не смогли решить ее. Несмотря на очень большие, можно сказать, фантастические достижения во всех областях науки, несмотря на великие успехи в освоении космических пространств, проблема таланта и гениальности не только продолжает оставаться наименее изученной областью естествознания, но и белым пятном в самой науке о мозге. И это несмотря на то, что естествознание всеми своими открытиями обязано именно этому колоссальному явлению человеческого духа. Человечеству оказалось гораздо легче выйти в космос и совершить множество полетов к иным планетам, чем изучить свой мозг. Настолько трудна эта задача» (Ш.Алимбаев, 1983). Несмотря на художественную форму произведения, в котором содержатся эти слова, мы вполне искренне присоединяемся к ним.

Интеллект гениев следует изучать по той простой причине, что именно они являются создателями идей, проектов и технологий – наиболее ценной продукции мирового рынка. Как заметила М.А.Холодная (1997), ссылаясь на прогноз японских футурологов, в ближайшем будущем превосходство будет на стороне тех стран, которые смогут предложить на мировом рынке многообразие идей, проектов и технологий. А в проигрыше окажутся те государства, которые не предложат мировому сообществу ничего, кроме необработанного сырья и дешевой рабочей силы.

Таким образом, исследования, преследующие цель раскрыть механизмы творчества гениев, - насущная практическая необходимость. Объективное описание принципов их мыслительной деятельности, освобождение от идей, мистифицирующих и искажающих реальную картину этой деятельности – важная задача, требующая решения.

Рассмотрим вкратце основные представления относительно природы гениальности, возникавшие по мере развития науки, сделав акцент на тех результатах исследований, которые позволяют сформулировать заключение, что гениями отнюдь не рождаются.

### **Гениальность как помешательство**

В 1864 году итальянский психиатр Ч.Ломброзо в своей известной работе «Гениальность и помешательство» выдвинул гипотезу о том, что гениальность, будучи своеобразным отклонением интеллекта от нормы, весьма похожа на определенный род психического расстройства. На основании исследования биографий большого количества знаменитых людей он пришел к выводу, что между помешанным во время припадка и гениальным человеком, обдумывающим и создающим свое произведение, существует полнейшее сходство. «...Величайшие идеи мыслителей, подготовленные, так сказать, уже полученными впечатлениями и в высшей степени чувствительной организацией субъекта, - аргументирует Ломброзо, - рождаются внезапно и развиваются настолько же бессознательно, как и необдуманные поступки помешанных» (Ч.Ломброзо, 2000). В качестве доказательства этого тезиса он приводил шестнадцать отличительных особенностей гениев, которых он отнес к категории безумцев. Заранее предвидя критику в свой адрес, Ломброзо в книге «Гениальность и помешательство» пишет: «На язвительные насмешки и мелочные придирки наших противников мы, по примеру того оригинала, который для убеждения людей, отрицавших движение, двигался в их присутствии, - ответим лишь тем, что будем собирать новые факты и новые доказательства в пользу нашей теории» (Ч.Ломброзо, 2000).

Конечно, при всей категоричности своих утверждений, Ч.Ломброзо делал оговорки. В частности, он писал, что не делает крайнего заключения: гений – это невроз, умопомешательство. Просто между гениальными людьми встречаются помешанные и между сумасшедшими – гении. «Теперь спросим себя, - рассуждает Ломброзо, - возможно ли на

основании вышеизложенных фактов придти к заключению, что гениальность вообще есть не что иное, как невроз, умопомешательство? Нет, такое заключение было бы ошибочным» (Ч.Ломброзо, 2000). «Если бы гениальность всегда сопровождалась сумасшествием, - говорит итальянский врач, - то как объяснить, что Галилей, Кеплер, Колумб, Вольтер, Наполеон, Микеланджело, Кавур, люди, несомненно, гениальные и притом подвергавшиеся в течение своей жизни самым тяжелым испытаниям, ни разу не обнаруживали признаков умопомешательства?» (Ч.Ломброзо, 2000). Примечательно, что Ломброзо не проявлял особого энтузиазма по отношению к идее о наследственной природе гения. «...Гениальность, - указывал он, - почти всегда умирает вместе с гениальным человеком, и наследственные гениальные способности, особенно у нескольких поколений, составляют редкое исключение» (Ч.Ломброзо, 2000). Идеи Ломброзо в свое время поддерживал Э.Кречмер. В книге «Гениальные люди» Э.Кречмер пишет: «Итак, если в самом деле основательно проштудировать большой массив биографических материалов, очищая их от налипшей словесной шелухи, то не остается сомнений в том, что между гениальностью и областью психопатически-дегенеративных явлений в самом деле существует глубокая биологическая взаимосвязь. При этом, разумеется, ясно, что одна эта зависимость, даже биологически, отнюдь не исчерпывает проблему гениальности, но лишь освещает одну важную ее сторону» (Кречмер, 1999, с.30).

### **Гениальность и аутизм**

На первый взгляд может показаться, что сегодня ошибочность гипотезы Ч.Ломброзо достаточно ясно осознана и не имеет сторонников. Однако в наше время британский профессор психиатрии М.Фитцджеральд развивает аналогичную концепцию: он полагает, что успех многих ярчайших представителей мировой политики, науки и искусства во многом связан с аутизмом. С точки зрения М.Фитцджеральда, многие характеристики, присущие расстройству, в основе которых лежит аутизм, являются также неотъемлемыми характеристиками творческого гения. Ученый заявляет, что возникновение аутизма контролируется теми же генами, которые отвечают за творческое мышление. Обладающие такими генами люди способны сосредотачиваться удивительным образом, однако им тяжело вписываться в социальную среду. Они крайне редко смотрят своему собеседнику прямо в глаза и испытывают колоссальные трудности в коммуникации. Такие люди могут фокусироваться на определенной идее на протяжении 20-30 лет, при этом абсолютно не зависеть от мнения других людей. Концепция Фитцджеральда основывается на детальном изучении около 1600 человек с диагнозом «аутизм» и известных фактов биографий знаменитых людей.

### **Врожденные задатки таланта**

Рассматривая различные взгляды относительно природы гениальности, возникавшие в науке, следует упомянуть о Ф.Гальтоне, который является основателем концепции о существовании врожденных задатков таланта. Этот ученый отличался весьма широким кругом интересов, он занимался топографией, метеорологией, антропологией, а в 1865 г. опубликовал статью «Наследственный талант и характер», положившую начало серии работ по наследственности у человека. В 1869 г. вышла в свет книга Гальтона «Наследственный гений: исследование его законов и последствий». Ф.Гальтон пытался решить проблему наследуемости одаренности, анализируя родословные выдающихся деятелей науки, юриспруденции, спорта, военного дела, искусства, «государственных людей» и многих других с помощью, как мы теперь сказали бы, генеалогического метода психогенетики. По аналогии с распределением роста людей он предположил «существование некоторого постоянного среднего уровня умственных способностей, отклонение от которого как в сторону гениальности, так и в сторону идиотизма должно следовать закону, управляющему отклонением от всякого рода средних величин. Затем Ф.Гальтон перешел к анализу родословных трехсот семейств, насчитывавших до 1000 выдающихся людей, в числе которых

415 знаменитых. «Если только существует нечто вроде положительного закона о распределении гения в семействах, - писал Гальтон, - то он, очевидно, должен обнаружиться при статистическом изучении такого значительного числа примеров». Ученый был уверен, что ему удалось раскрыть этот закон распределения гения в семействах. Под природной одаренностью Гальтон понимал такие качества ума и характера, которые дают человеку возможность и способность совершать действия, ведущие к высокой репутации (известности). Эти действия, с точки зрения Гальтона, предполагают способность человека, предоставленного самому себе, в силу некоего внутреннего, присущего ему стимула, «восходить по тропинке к вершине человеческого величия, способность достигнуть этой вершины, преодолевая и уничтожая препятствия, мешающие свободному проявлению его деятельных стремлений». Разделяя теорию эволюции Ч.Дарвина, согласно которой механизм совершенствования видов является естественный отбор, Гальтон считал, что механизм отбора должен работать и в обществе. Он предлагал поощрять браки между талантливыми людьми: «Раз мы не можем сомневаться в том, что передача таланта происходит как со стороны матери, так и отца, то насколько потомство было бы улучшено, если бы, предположим, выдающиеся женщины обычно выходили бы замуж за выдающихся мужчин, поколение за поколением». Главным аргументом в пользу наследуемости таланта он считал наличие семей с высокой плотностью выдающихся людей. В наше время все знакомы с примерами таких семей, среди которых родословные математиков Бернулли, музыкантов Бахов и т.д. Однако не все исследователи всерьез восприняли эти примеры как факты, подтверждающие представления Гальтона. М.Нордау в книге «Психофизиология гения и таланта» отмечал: «Появление нескольких одаренных талантов в одной и той же семье не только не служит доказательством наследственности таланта, но доказывает то, что в каждой семье, традиционно владеющей какой-либо профессией, выросший и нормально развитый ребенок может сделаться талантом только под влиянием примера, без того, чтобы для этого необходимо было особенное органическое устройство» (М.Нордау, 1908). Эти же соображения высказывал С.Л.Рубинштейн в своей работе «Основы общей психологии». «Для доказательства наследования способностей, - подчеркивает Рубинштейн, - обычно указывают на существование семейств, в которых несколько поколений проявляли однородную по своей направленности одаренность. Так, в семье Иоганна Себастьяна Баха в пяти поколениях его предков, братьев и потомков насчитывается не менее 18 значительных музыкальных дарований, из них 11 приходится на его родственников по нисходящей линии, причем в семье было всего 10 мужчин, не обнаруживших музыкальных дарований. Можно также указать на семью Ч.Дарвина, исключительно богатую целым рядом даровитых людей. Однако когда из подобных фактов непосредственно заключают о наследовании способностей... то допускают явную ошибку, не учитывая одного обстоятельства: в семье с большим количеством музыкальных дарований музыкальный отец не только передает своим детям определенные гены, но и оказывает влияние на развитие детей» (Рубинштейн, 2007, с.536).

### **Психофизиологический субстрат гениальности**

М.Нордау в своих исследованиях подчеркивал мысль о наличии материального (нейрофизиологического) субстрата гениальности. Он считал, что однажды прогресс науки о мозге приведет к тому, что мы сумеем наделить этим субстратом каждого человека. Правда, Нордау придерживался взгляда, согласно которому выдающиеся ученые имеют больше оснований называться гениями, чем деятели искусства, поскольку первые стимулируют техническое развитие общества, тогда как вторые не вносят в него никакого вклада. «Гениальность, - замечает Нордау, - выражается в умении отыскать новые пути, по которым пойдет человечество. Гениальность покоится на превосходстве первоначального органического развития; талант же вырабатывается прилежанием, упражнением врожденных способностей, которыми в данном народе обладает большинство здоровых и нормальных людей. Гений представляет из себя необычайное проявление жизни, резко отличающееся от обычных норм. Передо мной встает угрожающий вопрос. Если высшее развитие мысли и

воли является характерным признаком гения, если его деятельность состоит в выработке отвлеченных идей и в их реализации, то что же мне делать с эмоциональными гениями, с поэтами, художниками и артистами? Имею ли я право считать поэтов и артистов гениями? И действительно, мне это право кажется в высшей степени шатким...». (М.Нордау, 1908). Низкая оценка деятелей искусства вряд ли обоснована. Мы не можем в тоннах пищевых продуктов или в звонкой монете оценить, что дали миру Моцарт, Бетховен, Шекспир или Пушкин. Невозможно оценить в каких-то материальных единицах то, что дали гениальные композиторы, драматурги, поэты. Однако если использовать другие (нематериальные) критерии оценки, то быстро выяснится, что гении-гуманитарии принесли человечеству не меньше пользы, чем, например, тысяча патентов Эдисона, благодаря которым США получили несколько миллиардов прибыли.

### **Гениальность как сублимация**

З.Фрейд пытался объяснить гениальность как результат сублимации неудовлетворенных желаний, превращения физиологических влечений в любовь к исследованию и познанию. Согласно Фрейду, талант представляет из себя врожденное умение сублимировать свои глубинные сексуальные комплексы. Такая сублимация приводит к тому, что энергия личности получает новое направление: она превращается в энергию творческого поиска. В своем эссе «Леонардо да Винчи. Воспоминания детства» (1910) Фрейд говорит, что аффекты да Винчи были обузданы и подчинены стремлению исследовать. «На самом деле, - отмечает Фрейд, - Леонардо не был бесстрастен; он не лишен был этой божественной искры, которая есть прямой или косвенный двигатель всех дел человеческих. Но он превратил свои страсти в одну страсть к исследованию; он предавался исследованию с той усидчивостью, постоянством, углубленностью, которые могут исходить только из страсти, и на высоте духовного напряжения достигнув знания, дает он разразиться долго сдерживаемому аффекту и потом свободно излиться...» (Фрейд, 1991, с.5).

Психоаналитики школы А.Адлера считали великие творческие достижения результатом действия механизма компенсации за действительные или мнимые недостатки. Так, по их мнению, Демосфен стал величайшим оратором, стремясь компенсировать недостатки своей речи. Бетховен стал непревзойденным композитором по причине глухоты, сосредоточивая внимание на слуховом опыте, непрестанно и интенсивно тренируясь.

### **Подагра и высокая умственная активность**

В 1927 году в Англии вышла в свет книга Г.Эллиса «Исследование британского гения», в которой он указал на странную связь между выдающимися англичанами и частотой распространения у них заболевания суставов – подагры. Причина этой связи, однако, оставалась совершенно неясной. Впервые на возможную связь подагры с повышенной умственной активностью указал английский исследователь Э.Орован в своей статье «Происхождение человека», опубликованной в журнале «Nature» (1955). Он обратил внимание на то, что структура мочевой кислоты чрезвычайно схожа со структурой кофеина и теобромину – веществ, содержащихся в кофе и чае и способных стимулировать умственную активность. Последние вещества являются «мозговыми стимуляторами», потому что ингибируют в клетках мозга фермент фосфодиэстеразу, которая, в свою очередь, уничтожает другое соединение – циклический аденозинмонофосфат (ЦАМФ). Ряд исследователей и сегодня считают, что мочевая кислота может быть причастна к стимуляции интеллектуальной деятельности. Если гениальность – это, прежде всего, форсированная деятельность мозга, рассуждают они, то нет ничего удивительного в том, что гений отличается повышенным содержанием мочевой кислоты в крови, которая и стимулирует работу мозга, возбуждая его нервные клетки и превращая его, собственно, в мозг гения. А так как этой кислоты много, то она постепенно откладывается в виде соли в суставах, вызывая таким образом спутницу гениальности – подагру. Однако наличие гениев, не страдавших подагрой, уменьшает степень достоверности и убедительности этих рассуждений.

### **Низкий коэффициент интеллекта Фарадея и других ученых**

Возникновение понятия коэффициента интеллекта IQ и успешное развитие практики тестирования, направленного на измерение этого коэффициента среди различных слоев населения, придало новые силы гипотезе Ф.Гальтона о наследственной обусловленности таланта. Собственно, сам Гальтон и разработал первые варианты тестов для измерения уровня интеллекта. Последователи этого ученого, разрабатывавшие самые различные системы тестов, были уверены, что IQ отражает уровень нашего врожденного интеллекта и не может быть увеличен. Постоянство IQ демонстрировалось в процессе повторных его измерений у одних и тех же людей, в которых якобы обнаруживалась неизменность первоначально полученного результата. Ввиду того, что в США в свое время произошло глобальное внедрение системы тестирования в школы при федеральном финансировании этой программы, периодически разгорались ожесточенные споры по поводу IQ-тестов. Одни считают, что уровень интеллекта является неизменной величиной, данной человеку при рождении, а другие полагают, что интеллектуальный уровень является изменяющейся, но не измеряемой величиной и что IQ отражает не наследственные признаки, а социальные и образовательные преимущества. В этих спорах правы, скорее всего, вторые, поскольку в ряде исследований показана возможность увеличить IQ, то есть возможность обучения успешному прохождению тестов. Следует заметить, что IQ-тесты не измеряют не только интеллект человека, но и его творческие способности. Разработчиками тестов предпринимались попытки ретроспективного тестирования деятелей науки прошлого на основе анализа их трудов, биографических и мемуарных данных. В результате применения тестов Векслера обнаружилось неожиданные факты. Так, коэффициент интеллекта М.Фарадея, исходя из ретроспективного обследования по методике Векслера, оказался весьма умеренным, и никак не идущим в сравнение с КИ тех людей, которые по этой методике считаются гениальными. Низкую оценку при тестологическом обследовании получил и известный американский ученый Л.Оргелл, который внес существенный вклад в проблему возникновения первых форм жизни на Земле. Лев Мухин в книге «Планеты и жизнь» описывает следующий случай: «Два слова о блистательном специалисте в области как предбиологической химии, так и биохимии Л.Оргелле. Во время Бюраканской конференции зашел разговор о модном тогда «индексе интеллектуальности». При этом Оргелл смутился, а остальные участники беседы дружно рассмеялись. Я не мог понять, в чем дело, пока мне не объяснили, что у Оргелла один из самых низких индексов во всей Америке. Я спросил Оргелла, не ошибка ли это? Он с грустью сказал, что нет. Тогда мы все вместе дружно возмутились несовершенством метода оценки творческого потенциала ученого» (Л.Мухин, 1984).

При всей неопределенности того, какую функцию должны выполнять тесты, если продолжать их использовать в различных областях, индустрия тестирования стала подобна машине, которую нельзя остановить. М.Эренберг и О.Эренберг в книге «Развитие возможностей интеллекта» (2004) пишут об индустрии тестирования в США: «...Так или иначе, число общенациональных тестирований возросло с 5 миллионов в год (1930 г.) до 10 миллионов в год (1960 г.) и затем до 500 миллионов в год (1980 г.). Служба создания тестов для системы образования ежегодно выпускает приблизительно восемь миллионов новых версий – это составляет лишь шестую часть от общего числа создаваемых каждый год тестов – и получает за свою продукцию 94 миллиона долларов в год. Как вы видите, некоторым организациям крайне выгодно проводить IQ-тесты, так как их создание является весьма прибыльным делом. В отличие от других производств, которые предоставляют потребителю выбор: покупать или нет их продукцию, индустрия производства IQ-тестов такого выбора не дает. IQ-тесты прочно вошли в систему образования, а их результаты стали обязательной школьной оценкой» (М.Эренберг, О.Эренберг, 2004, с.220).

### **Альтернативное тестирование**

Под альтернативным тестированием мы понимаем проведение исследований, в которых испытуемым для решения предлагаются задачи, построенные несколько нестандартным способом. В этих задачах роль исходной информации (условий задачи) играют факты, на базе которых в свое время выдающиеся ученые формулировали новые идеи. Известно, например, что выдающийся физик, лауреат Нобелевской премии Макс Планк открыл математическую формулу, выражающую зависимость распределения энергии в спектре излучения тела от частоты (длины волны) и температуры (1896), воспользовавшись мыслительным приемом синтеза и интерполяции. Планку был известен закон распределения теплового излучения для коротких волн, открытый Вином, и закон распределения излучения для длинных волн, открытый Рэлеем и Джинсом. Учитывая, что каждая из этих формул справедлива для определенного отрезка спектра, Планк решил объединить их. Этот синтез и интерполяция как раз и позволили ему вывести единую формулу излучения, справедливую как для длинных, так и для коротких волн. Герберт Саймон, который также является лауреатом Нобелевской премии, совместно со своими коллегами поставил эксперимент, описанный в его книге «Научное открытие» (1987). В этом эксперименте Г.Саймон предложил группе из восьми человек, куда входили физики и прикладные математики, решить задачу вывода общей формулы излучения, которую однажды вывел Планк. Для этого Г.Саймон предоставил участникам опыта две формулы: результат Вина и результат Рэля-Джинса. При этом испытуемым не сообщили, откуда взялись и с чем связаны эти формулы. Пятеро из восьми ученых вывели универсальную формулу Планка менее чем за десять минут. До самого последнего момента никто из них не осознавал, что выводит классическую формулу излучения черного тела. Что продемонстрировал данный эксперимент? Прежде всего, он показал, что творчество – это последовательное и поступательное движение по пути решения проблемы, доступное каждому человеку.

### **Однояйцевые близнецы и работы Сирила Берта**

Ф.Гальтон одним из первых обратил внимание на возможность использования однояйцевых (монозиготных) близнецов для исследования степени наследуемости таланта. Поскольку такие близнецы имеют один и тот же генотип, то все различия в их интеллектуальном развитии по мере взросления можно объяснить влиянием окружающей среды (воспитания и образования). Особенный интерес ученые проявили к однояйцевым близнецам, которые были разлучены в раннем детстве и воспитывались в разных условиях. Изначально было понятно, что выявление интеллектуального сходства (сходства коэффициента интеллекта) таких близнецов было бы хорошим свидетельством в пользу существования врожденного уровня интеллекта. Интересно, что это сходство было зафиксировано в первых же исследованиях (Готтшальдт, 1936). Но наибольших успехов достиг известный британский психолог Сирил Берт (Барт). Этот ученый был одним из пионеров тестового движения в Европе и в 20-40-е годы 20 века сделал блестящую карьеру от школьного психолога до консультанта по вопросам образования в правительстве Великобритании. К тому же Берт оказался первым психологом, получившим дворянство из рук британского монарха. По настоянию Берта в английских школах была принята система разделения учащихся по результатам их интеллектуальных тестов. В 11 лет каждый британский школьник должен был пройти тестирование, после чего направлялся либо в школу для одаренных, либо в школу для посредственностей. Главным достижением Берта была работа по многолетнему наблюдению за парами близнецов, в том числе однояйцевых. Исследования Берта показали, что однояйцевые близнецы, даже воспитываясь в разных семьях и не общаясь друг с другом, вырастают примерно с одинаковым уровнем интеллекта и в дальнейшем добиваются приблизительно одинаковых успехов. Исследование Берта могло иметь только один вывод: интеллект передается по наследству и никакие системы обучения не смогут компенсировать его отсутствие. В 1971 году Берт скончался и его знамя подхватили А.Дженсен и Г.Айзенк. Но в 1972 году стали появляться данные, указывающие на

то, что все наиболее важные исследования Берта, позволяющие в точных цифрах определить степень наследуемости интеллекта, являются настоящей фальсификацией. Впоследствии эта фальсификация нашла отражение во многих психологических работах. Б.Ф.Сергеев в книге «Ступени эволюции интеллекта» повествует: «Первым из ученых, осуществившим обстоятельное изучение близнецов, был английский психолог, ученик и последователь Гальтона С.Берт. Его труды, казалось бы, дают возможность говорить о ведущей роли наследственности в психическом развитии человека. В 30-е годы в Германии эти выводы горячо поддерживали некоторые немецкие психологи. Они утверждали, что у однояйцевых близнецов воля, темперамент, одаренность, пристрастие к определенным видам деятельности, склонности, вкусы совершенно одинаковы, так как особенности психики заранее запрограммированы наследственными задатками, а внешняя среда не оказывает на них никакого влияния. В 1971 г. С.Берт умер, и тогда разразился скандал. Его сотрудники, рассылая извещения о смерти учителя, столкнулись с неожиданной трудностью. Некоторых соратников Берта, некогда опубликовавших с ним совместные статьи, никто не знал, и разыскать их адресов не удалось. Тщательная проверка подтвердила, что таких людей вообще не существовало. Берт их просто выдумал. Позже, разбирая его архив, убедились, что он выдумал также многие «научные» факты, имена и биографии близнецов, якобы использованных в процессе исследования. Поражает сам факт научной фальсификации, ее масштабы, и то, что эти события произошли в Англии, всегда гордящейся добросовестностью своих специалистов» (Сергеев, 1986, с.185). Как пишет Джозеф Наэм в книге «Психология и психиатрия в США» (1984), «Валидность исследований Берта стала подвергаться сомнению, когда профессор Принстонского университета Леон Кэмин тщательно изучил их в 1972 г. «И десяти минут чтения достаточно, чтобы заподозрить подделку», - заявил Кэмин. Зародившиеся у него сомнения Кэмин опубликовал в книге «Наука и политика IQ», вышедшей в свет в 1974 г. В 1976 г. весь академический мир был потрясен сообщением о том, что основная работа Берта не что иное, как полнейший обман, фальшивка. Это было подобно грому среди ясного неба. (...) Дальнейшие исследования Кэмина полностью подтвердили его подозрение – оказалось, что Берт подтасовывал факты, ссылаясь на несуществующие источники, выражал признательность мифическим ассистентам, писал обзоры под псевдонимом и очень высоко отзывался в них о своих собственных работах, и к тому же публиковал такие обзоры в журнале, который сам же редактировал» (Д.Наэм, 1984). Позже, а именно в 1976 году к публикации материалов, разоблачающих С.Берта, подключились журналисты. В частности они разместили в газете «Нью-Йорк Таймс» статью, в которой Берт описывался как ученый, нарушивший существующие нормы организации и проведения научных исследований. С тех пор имя С.Берта упоминается во многих работах, в которых описываются наиболее известные случаи обмана в науке. Д.Гудстейн в статье «Обман в науке» (журнал «Успехи физических наук», 1993, январь) пишет о случае Берта: «Другой знаменитый случай – это история психолога сэра Сирила Берта, который работал над проблемой наследуемости интеллекта, изучая одинаковых близнецов, разлученных при рождении и воспитывавшихся в различных условиях. К сожалению, столь удобные случаи для исследования встречались очень редко, поэтому Берт любезно придумал еще 33 таких случая и, кроме того, посодействовал делу тем, что выдумал двух ассистентов, которые якобы помогали ему в исследованиях. Берт умер в 1971 г., а его мистификация открылась только в 1974 г.» (Д.Гудстейн, 1993).

### **Личностные особенности выдающихся ученых**

Одновременно с тестированием интеллекта развивалось научное направление, преследующее цель раскрыть природу гениальности через изучение личностных особенностей выдающихся ученых. С самого начала было обращено внимание на многочисленные свидетельства того, что успех в науке требует определенной ориентации личности, а ученые – это люди весьма специфического психологического склада. К.Кокс (1926), ученица Гальтона, выявила такие психологические предпосылки успеха в науке, как

сильный характер, уверенность в своих способностях, сильная и устойчивая мотивация и т.п. К их поиску приложили руку и сами выдающиеся ученые – такие, как химик В.Оствальд (1910). Начало «новой волне» исследований положил труд А.Рои (1953), которая отобрала 64 известных ученых – физиков, биологов, психологов и антропологов, подвергнув их всестороннему обследованию. Ей не удалось обнаружить каких-либо специфических особенностей своих подопечных кроме одной – ненасытной любознательности и огромного интереса к исследовательской деятельности. В дальнейшем исследователи выявили неисчислимо множество психологических характеристик, которые зарекомендовали себя как способствующие творческому успеху. Среди них наблюдательность, оригинальность, независимость в суждениях, богатство внутреннего мира, любовь к сложным ситуациям, доброжелательность, открытость (Баррон, 1969), автономия, личностная гибкость, потребность в новизне, увлеченность работой (Мансфелд, Буссе, 1981), толерантность к неопределенности, готовность преодолевать препятствия, потребность в самосовершенствовании, готовность рисковать, потребность в признании (Стернберг, 1988), богатое воображение, развитое эстетическое чувство, сензитивность, цельность натуры, оптимизм (Вальберг, 1988), широта интересов, неординарность поведения, эмоциональность (Тардиф, 1988), восприимчивость, социальная гибкость, чувство юмора, упорство и настойчивость, нетерпимость к рутине (Микер, 1978), интровертированность, инициативность (Чамберс, Баррон, 1978), умение разрешать сложные ситуации, способность оперировать неопределенными понятиями, неприятие традиций, склонность к бунтарству, повышенное стремление к самоутверждению (Лук, 1978) и др. Резюмируя результаты этих исследований, А.В.Юревич в книге «Социальная психология науки» (2001) пишет: «...Оказалось, что с успехом в науке коррелируют практически все «хорошие» качества личности, что вписывается в формулу «лучше быть здоровым и богатым, чем бедным и больным». Когда почти любая позитивная характеристика личности обнаруживает связь с ее творческим потенциалом, информативность каждой конкретной связи, а значит, и результативность соответствующего способа объяснения творчества выглядят сомнительными» (Юревич, 2001, с.104). «...Какие-либо специфические личностные предпосылки именно научного творчества, - поясняет А.В.Юревич, - путем изучения отдельных личностных черт выдающихся ученых выявить не удастся» (там же, с.104).

### **В.П.Эфроимсон и его «Генетика гениальности»**

В наше время к выяснению биологических факторов повышенной творческой активности обратился известный отечественный генетик В.П.Эфроимсон. Синтезируя разнородные знания из генетики, физиологии, психиатрии, психоанализа и социологии, Эфроимсон защищает идею о реальности природной одаренности. В книге «Генетика гениальности» (2004) ученый констатирует: «Изучение биографий и патографий гениев всех времен и народов приводит к неумолимому выводу: гениями рождаются. Однако только ничтожно малая доля народившихся потенциальных гениев – в гениев развивается. И из подлинных, несомненных гениев лишь ничтожная доля реализуется. Как покажет далее рассмотрение механизмов гениальности, зарождение потенциального гения является прежде всего – проблемой биологической, даже генетической» (Эфроимсон, 2004, с.21). Как и другие генетики, В.П.Эфроимсон отмечает, что интеллектуальное сходство раздельно воспитанных однояйцевых (то есть генетически идентичных) близнецов настолько велико (если только условия развития укладывались в обычную «норму», не были абсолютно контрастными), что это интеллектуальное сходство ясно и бесспорно бросается в глаза. Он ссылается на данные Ф.Фогеля, который некогда провел любопытный эксперимент: он провел электроэнцефалографирование 30 пар однояйцевых близнецов и установил, что в слепом опыте, взяв ЭЭГ одного из близнецов, можно безошибочно выбрать из всех 59 других ЭЭГ электроэнцефалограмму его партнера. Эфроимсон указал на решающую роль детско-подростковых условий развития в определении ценностных критериев, установок, целеустремленности и самомобилизации гениев. «Биографии великих людей, - отмечает он, -

содержат множество прямых и косвенных указаний на решающую роль избирательно воспринятых детско-подростковых впечатлений» (там же, с.51). Именно сознавая то, что решающее значение для развития потенциальной гениальности имеют условия воспитания и образования в детско-подростковом периоде, рассуждает Эфроимсон, можно, изучая проблему одаренности, отчетливо убедиться в роли генетики. «...То обстоятельство, - пишет ученый, - что решительно все известные в истории человечества гении так или иначе имели или нашли в детстве и юности очень благоприятные условия для развития своего таланта, а затем и для реализации его, ясно показывает, что социальные факторы, формируя личность, осуществляют свое действие, преломляясь через детско-юношеские импрессионги. Беспомощность многих педагогов и родителей при попытках направить в желаемое русло развитие личности ребенка и подростка в немалой степени обусловлена тем, что каждый ребенок – индивид, чрезвычайно избирательно, хотя и подсознательно, извлекающий из массы внешних воздействий те, которые для него окажутся импрессионгами» (там же, с.346).

В исследовании Эфроимсона, посвященном проблеме гениальности, есть слабые места, на которые нельзя не обратить внимание. Во-первых, утверждение о том, что частота зарождения потенциальных гениев и замечательных талантов почти одинакова у всех народностей и народов. С точки зрения Эфроимсона, эта частота зарождения, исходя из реализации в исторически обозримые периоды (в оптимально развивающихся прослойках) определяется цифрой порядка 1:1000. Сразу возникает вопрос, каким образом и на основании каких данных была определена эта частота.

Во-вторых, идея Эфроимсона о том, что общее число гениев за все время существования нашей цивилизации едва ли превысит 400-500 человек. Такая цифра получилась у генетика, так как он основывался на числе гениев, которые почти единогласно признаны ими в Европе и Северной Америке. Со слов Эфроимсона, примерно к таким цифрам приводит отбор знаменитостей, которым уделено максимальное место в энциклопедиях разных стран Европы и США, если из числа этих знаменитостей вычесть тех, кто попал в историю из-за знатности или по другим случайным заслугам. Следует, однако, заметить, что энциклопедии составляют люди, которые могут ошибаться. Даже если они являются экспертами, то есть специалистами в своей области, погрешности все равно неизбежны. Любой эксперт, имея дело с большим количеством информации, совершает отбор, который определяется его ценностными ориентирами (личными предпочтениями). Следовательно, определенная доля субъективности, усугубляющаяся отсутствием четких критериев таланта и гениальности, практически неустранима. Но главный довод против указанной цифры Эфроимсона состоит в том, что за период с 1901 по 2002 годы, то есть за одно только столетие, Нобелевской премией, которой удостоиваются лучшие представители науки, литературы и политики, награждено более 600 человек. Если говорить об ученых, то еще большее количество деятелей науки, совершивших значимые открытия, не получили премию Нобеля, так как ее явно не хватает на всех, кто ее заслуживает. А.Н.Шамин в предисловии к книге В.Чолакова «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) пишет: «Бурный прогресс науки, ее количественный и качественный рост привели к тому, что в наши дни число научных достижений «Нобелевского ранга» существенно возросло, и совершенно очевидно, что не все ученые, достойные Нобелевской премии, ее получают. Это послужило основой для ряда критических замечаний, высказываемых в последние десятилетия по поводу практики присуждения Нобелевских премий» (А.Н.Шамин, 1986, с.3). Обсуждая точку зрения науковеда Г.Цукерман по поводу Нобелевских премий, А.Н.Шамин отмечает: «Исходным пунктом критики стало утверждение Г.Цукерман, что в «высшую элиту современной науки», т.е. в число удостоенных Нобелевской премии, не попадают многие ученые, достигшие не менее ценных результатов, но работавшие в составе большого коллектива (а, как известно, Нобелевская премия индивидуальна), или те, работы которых были обнародованы в «непривычной форме» или в «непривычном издании» и т.д. При этом Г.Цукерман подчеркивала, что число таких «обойденных» столь велико, что его невозможно и установить» (Шамин, 1986, с.3). Об этом же говорит В.Чолаков: «Как видим, Нобелевских

лауреатов ничтожно мало. И поскольку число ученых растет, а количество присуждаемых премий остается неизменным, растет и число тех, кто не получил и не получит этого высокого отличия, хотя, возможно, и заслуживает этого» (Чолаков, 1986, с.25). Можно указать на то, что Нобелевские комитеты обычно держат в секрете имена кандидатов, проигравших соревнование, но в 1962 г. Йоран Лилестранд, официальный историк Каролинского института, назвал имена 69 ученых, которых считают достойными Нобелевской премии. Кроме Освальда Эвери, который первым установил наследственную функцию молекулы ДНК, в этот список включены также канадский патологоанатом Ганс Селье, сформулировавший так называемую концепцию стресса, венгерский терапевт Шандор Кораньи, внесший большой вклад в исследование функций почек, и другие. В области физики в этой связи можно упомянуть Арнольда Зоммерфельда, который сформулировал представление об эллиптических орбитах движения электронов в атоме. Определенные данные об известных ученых, не попавших в когорту Нобелевских призеров, можно почерпнуть из следующей таблицы.

Таблица 1. Ученые, чьи открытия не были удостоены Нобелевской премии

| №   | Ф.И.О. исследователя                   | Дата открытия | Содержание открытия  |
|-----|--|---------------|--|
| 1.  | Дмитрий Менделеев                      | 1869          | Открытие периодического закона химических элементов                    |
| 2.  | Никола Тесла                           | 1893          | Внедрение переменного тока как основы работы электрооборудования       |
| 3.  | Петр Лебедев                           | 1899          | Экспериментальное обнаружение давления света                           |
| 4.  | Михаил Цвет                            | 1899          | Открытие метода хроматографии  |
| 5.  | Владимир Ипатьев                       | 1904          | Синтез сложных органических веществ при высоком давлении и температуре |
| 6.  | Алексей Ухтомский                      | 1904          | Существование доминантных очагов нервного возбуждения                  |
| 7.  | Поль Ланжевен                          | 1905          | Статистическая теория парамагнетизма                                   |
| 8.  | Альфред Вегенер                        | 1912          | Создание теории дрейфа континентов                                     |
| 9.  | Арнольд Зоммерфельд                    | 1914          | Математические модели поведения электронов в атоме                     |
| 10. | Александр Чижевский                    | 1915          | Влияние электромагнитного излучения Солнца на жизненные процессы       |
| 11. | Леонид Мандельштам, Григорий Ландсберг | 1918          | Открытие комбинационного рассеяния света                               |
| 12. | Николай Вавилов                        | 1920          | Закон гомологических рядов наследственной изменчивости                 |
| 13. | С.Гоудсмит и Г.Уленбек                 | 1924          | Открытие спина (осевого вращения) электрона                            |
| 14. | Шатьендранат Бозе                      | 1924          | Статистическая теория частиц света (статистика Бозе-Эйнштейна)         |
| 15. | Фриц Лондон                            | 1927          | Теория химической валентности  |
| 16. | Ганс Бергер                            | 1929          | Получение первой энцефалограммы мозга                                  |
| 17. | Эдвин Хаббл                            | 1929          | Расширение наблюдаемой Вселенной (взаимное удаление галактик)          |
| 18. | Дмитрий Иваненко                       | 1932          | Оболочечная модель атомного ядра                                       |
| 19. | Ганс Селье                             | 1935          | Создание теории стресса  |

|     |                                  |        |   |
|-----|----------------------------------|--------|---|
| 20. | Честер Карлсон                   | 1935   | Изобретение ксерокса  |
| 21. | Яков Френкель                    | 1936   | Построение капельной модели атомного ядра                                       |
| 22. | Рой Планкетт                     | 1938   | Открытие тефлона  |
| 23. | Исаак Померанчук                 | 1943   | Предсказание синхротронного излучения   |
| 24. | О.Эйвери, М.Маккарти и К.Маклеод | 1944   | Наследственная функция молекулы ДНК   |
| 25. | Евгений Завойский                | 1944   | Электронный парамагнитный резонанс  |
| 26. | Иосиф Рапопорт                   | 1946   | Открытие химических веществ, вызывающих мутации у животных                      |
| 27. | Бруно Понтекорво                 | 1947   | Предсказание универсального характера слабого взаимодействия                    |
| 28. | Норберт Винер                    | 1948   | Создание кибернетики - науки о роли управления и связи в различных системах     |
| 29. | Клод Шеннон                      | 1948   | Математическая теория связи (передачи информации)                               |
| 30. | Георгий Гамов                    | 1948   | Предсказание реликтового излучения – остатка взрыва Вселенной                   |
| 31. | Борис Белоусов                   | 1951   | Открытие периодически действующей химической реакции                            |
| 32. | Юваль Нееман                     | 1953   | Классификация элементарных частиц с применением математической теории групп     |
| 33. | Николай Боголюбов                | 1955   | Разработка новых математических методов в квантовой теории поля                 |
| 34. | Яков Зельдович                   | 1959   | Предсказание изотопической инвариантности слабого взаимодействия                |
| 35. | Аркадий Мигдал                   | 1959   | Сверхтекучая модель атомного ядра   |
| 36. | Святослав Федоров                | 1960   | Технология лечения глазных дефектов с использованием искусственного хрусталика  |
| 37. | Сергей Королев                   | 1961   | Доставление человека в космос   |
| 38. | Леонард Хейфлик                  | 1961   | Открытие предельного числа делений живой клетки (предела Хейфлика)              |
| 39. | Эдвард Лоренц                    | 1961   | Открытие детерминированного хаоса в метеорологии                                |
| 40. | Сергей Гершензон                 | 1960-е | Открытие явления обратной транскрипции генетической информации                  |
| 41. | Кристиан Барнард                 | 1967   | Проведение на человеке первой операции по пересадке сердца                      |
| 42. | Роберт Эдвардс и Патрик Стептоу  | 1968   | Разработка технологии рождения детей на основе искусственного оплодотворения    |
| 43. | Наталья Бехтерева                | 1968   | Открытие в мозге человека нейронного детектора ошибок                           |
| 44. | Лазарь Меклер                    | 1969   | Расшифровка механизма формирования трехмерной структуры белков                  |
| 45. | Митчелл Фейгенбаум               | 1976   | Сценарий удвоения периода как механизм перехода от простого движения к сложному |

|     |                   |        |  |
|-----|-------------------|--------|--|
| 46. | Герман Хакен      | 1970-е | Создание основ синергетики - науки о роли коллективных явлений в различных самоорганизующихся системах |
| 47. | Владилен Летохов  | 1970-е | Технология захвата атомов с помощью импульсов лазерного излучения                                      |
| 48. | Алекс Джеффрис    | 1984   | Метод идентификации личности по отдельным участкам ДНК (ДНК-анализ)                                    |
| 49. | Сальвадор Монкада | 1987   | Влияние оксида азота на биологические процессы в живом организме                                       |
| 50. | Судзи Накамура    | 1991   | Вклад в разработку энергосберегающих технологий (изобретение синего светодиода)                        |

### **Гигантские резервные возможности мозга – существуют ли они?**

Третье уязвимое звено концепции Эфроимсона – тезис о том, что любой человек в течение своей жизни использует лишь самую малую часть тех возможностей, которые ему предоставляет его мозг. «Забегая вперед, - пишет Эфроимсон, - мы должны предупредить, что основной вывод нашего труда – это существование гигантских резервных возможностей, гигантских потенциалов «нормального» человеческого мозга. Потенциалов, которые нуждаются в развитии, волевой стимуляции и возможностях реализации для того, чтобы творить очень талантливые и даже гениальные дела» (Эфроимсон, 2004, с.24). Как ни странно, этот тезис, помимо Эфроимсона, высказывали многие другие исследователи: П.К.Анохин, Г.Селье, Н.П.Дубинин и т.д. В 1968 году П.К.Анохин обнародовал свое исследование мозга, в котором доказывалось, что минимальное число потенциальных мыслительных моделей, которые способен создать среднестатистический мозг, представляет собой единицу, сопровождаемую 105 миллионами километров машинописных нулей. Анохин сравнивал человеческий мозг с «многомерным, полифоническим музыкальным инструментом, который может играть бесконечное число музыкальных пьес одновременно». Он настойчиво подчеркивал, что каждый из нас от рождения одарен фактически неограниченным умственным потенциалом. Канадский патофизиолог Г.Селье в книге «От мечты к открытию», посвященной проблемам организации научной деятельности, пришел к убеждению, что в коре мозга человека заключено столько мыслительной энергии, сколько физической энергии содержится в атомном ядре. Отсюда делался вывод, что теоретически творческие возможности человека неограниченны и неисчерпаемы. «Можно смело утверждать, – замечает В.Пекелис в известной книге «Твои возможности, человек!», - никто не знает границ своего ума. Мы никогда даже близко не подходим к границам наших возможностей, и мозг наш обычно работает на ничтожную долю своей мощности» (Пекелис, 1986, с.6). Чтобы говорить о гигантских резервных возможностях нашего мозга, нужно показать, что значительная часть нервных структур и центров мозга находится в «бездеятельном» состоянии, оказывается не востребованной в течение нашей жизни. Однако этого никто не показал, напротив, нейрофизиологи (например, Н.П.Бехтерева) склоняются к заключению, что в работе здорового мозга задействованы (находятся в режиме активации) все его структуры и отделы.

Для решения вопроса о возможностях нашего мозга необходимо также использовать теорему Геделя о неполноте, которая была сформулирована математиком Куртом Геделем еще в 1931 году, но лишь в последнее время получила более или менее ясную интерпретацию. Согласно данной теореме, любая формальная система аксиом и правил вывода включает утверждения, которые внутри этой системы нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Другими словами, не существует механической процедуры для решения всех научных задач, ибо любая формальная система аксиом и правил вывода, описывающая различные аспекты реальности, включает утверждения, которые внутри этой системы нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Теорему Геделя о неполноте можно понимать как невозможность универсального алгоритма поиска истины, который в самом себе содержал бы критерии

достоверности. Таким образом, нельзя разработать настолько универсальный алгоритм, чтобы он был приложим не только к отдельному типу задач или к отдельной области, а вообще к любой задаче, с которой только могут столкнуться люди в какой угодно области. Примечательно, что еще Иммануил Кант догадывался об отсутствии правила применения всех правил, универсального метода решения всех задач. В догадке Канта мы находим исторически первый случай приближения к открытию теоремы Геделя. Результат Геделя имеет непосредственное отношение к мышлению, к механизмам интеллектуальной деятельности. Оценивая значение алгоритмической неразрешимости для психологической науки, А.Н.Поддьяков в книге «Когнитивная психология» (2003) совершенно справедливо отмечает, что алгоритмическая неразрешимость как невозможность обобщенной системы точных предписаний по решению задач одного и того же типа имеет принципиальное значение для психологии мышления и для теории познания вообще. Она означает наложение ряда принципиальных ограничений на основные компоненты деятельности человека или деятельности любой другой системы, обладающей психикой (Поддьяков, 2002, с.203). Использование теоремы Геделя о неполноте при анализе мышления гениев приводит к заключению, что они так же, как и обычные люди, не владеют универсальным алгоритмом познания, который позволял бы догадываться о чем-то, минуя стадию проб и ошибок. Этот взгляд неожиданным образом согласуется с подходом лауреата Нобелевской премии Г.Саймона, который реализовал подход к интеллекту как ограниченному ресурсу. Саймон установил, что творчество – это мышление в условиях неопределенности, в которых люди вынуждены делать выбор, включающий компонент риска. По Саймону, человек в ситуации выбора практически никогда не охватывает всю совокупность объективных ориентиров, допускает упрощение ситуации, недоучет каких-то деталей, а создаваемые им репрезентации проблемной ситуации могут не включать прогноза объективных изменений ситуации. На этом основании Саймон сформулировал концепцию ограниченной рациональности субъекта. Можно не сомневаться, что если бы Эфроимсон (а также П.К.Анохин и Г.Селье) были знакомы с теоремой Геделя о неполноте и с концепцией Г.Саймона об интеллекте как ограниченном ресурсе, они не стали бы утверждать, что человек использует лишь миллиардную долю возможностей своего мозга.

### **Эксперимент Роберта Грэхема**

Вывод Эфроимсона о существовании наследственных задатков гениальности не учитывает также результаты эксперимента американского бизнесмена Роберта Грэхема, который до конца своей жизни добросовестно финансировал проект создания «гения в пробирке», считая, что между гениями и обычными людьми действительно существуют биологические различия. Известно, что в 1980 году процветающий американский промышленник Р.Грэхем, сделавший огромное состояние на производстве мягких контактных линз и считавший, что человечество в своем развитии пятится назад, а среднестатистический показатель интеллекта опасно снизился, решил каким-то образом исправить эту ситуацию. В 1980 году он основал в Калифорнии первый в США некоммерческий «Банк спермы Нобелевских лауреатов», созданный для того, чтобы любая женщина, если она сама этого пожелает, могла путем искусственного оплодотворения стать матерью будущего обладателя сверхвысокого интеллекта. Конечно, у проекта Грэхема были противники, которые пытались напомнить ему, что пресловутая «евгеника» (наука об улучшении умственных и физических способностей человека), уже использовалась нацистами в экспериментах по улучшению арийской расы, но не дала результатов. На сторону американского бизнесмена встал лауреат Нобелевской премии по физике Уильям Шокли, изобретатель транзистора, который стал горячим поборником идеи «элитарной генетики» и был в числе первых «нобелеров», согласившихся поместить свою сперму в банк Грэхема. Некоторые генетики изначально сомневались в том, что проект Грэхема увенчается успехом, утверждая, что современная наука не владеет способом (системой) «перезаписи гениальности» на геномном уровне. Из-за резкой критики «технической» стороны эксперимента

Грэхем вынужден был несколько ослабить требования, которых первоначально придерживался, и снизить элитарность проекта: он стал принимать в свой банк сперму не обязательно Нобелевских лауреатов, а просто мужчин с более высоким уровнем интеллекта. Поэтому одним из основных поставщиков банка Грэхема стало Международное общество людей с повышенным интеллектом (MENSA), созданное в 1946 году в Англии. Недавно были подведены окончательные итоги эксперимента по искусственному выращиванию гениев, который проводился в США с 1980 года. Американские ученые сообщили о полном его провале. Из 200 детей, родившихся от Нобелевских лауреатов при помощи искусственного оплодотворения, только один показал выдающиеся способности. Да и тот «утопил» свои таланты в вине, наркотиках и веселом времяпровождении. Генетики склонились к заключению, что природа гениальности оказалась гораздо более сложной, чем предполагалось ранее. Следует заметить, что опыты продолжались до 1999 года. После смерти Роберта Грэхема «фабрика гениев» окончательно закрылась. Дети, родившиеся за все время опытов, ничем не отличались от своих сверстников.

### **Результаты исследования и воспитания слепоглухонемых детей**

Впечатляющим примером высокой значимости средовых влияний на формирование психики человека являются исследования отечественных педагогов И.А.Соколянского (1889-1960) и А.И.Мещерякова (1923-1974). Эти ученые на протяжении длительного времени занимались воспитанием детей, лишенных слуха, зрения и речи, в специальной школе-интернате, расположенной в подмосковном Загорске. Приступая к исследованию, они совершенно не были уверены в том, что им удастся приобщить индивидов со столь серьезными физическими дефектами к основам культуры и научить их полноценно, вполне самостоятельно мыслить и разбираться в самых сложных научных вопросах. Первоначально казалось, что одновременное отсутствие от рождения важнейших способностей восприятия и выражения вовне – зрения, слуха и речи – должно приводить к формированию совершенно искаженной схемы восприятия и неадекватной картины мира. Однако итоги тонкой и кропотливой педагогической работы превзошли самые смелые ожидания. У слепоглухонемых детей при соответствующей помощи воспитателя закономерно формировалась практически столь же полноценная и многогранная картина мира и способность понятийного мышления, как и у обычных людей. Исследования Соколянского и Мещерякова находились под пристальным вниманием известного философа Э.В.Ильенкова, который увидел в этом многолетнем эксперименте важный научный результат, свидетельствующий в пользу колоссальной роли среды в формировании интеллекта. Данный эксперимент показал, что ученики старших классов школы-интерната для слепоглухонемых в Загорске усваивают программу средней школы примерно теми же темпами, что и их зрячеслышащие сверстники, а по уровню интеллектуального и нравственного развития не только не уступают им, но и обнаруживают зачастую бесспорные преимущества. Указанные ученики демонстрируют безупречную грамотность – орфографические и синтаксические ошибки встречаются в их сочинениях не чаще, чем опечатки в академических изданиях. Они приобретают свободу владения русской речью, ее многообразными стилистическими средствами. Обращает на себя внимание богатая и точная лексика, послушно выражающая тончайшие оттенки индивидуальных настроений и впечатлений. Как указывает Э.В.Ильенков в статье «Психика человека под «лупой времени» (журнал «Природа», 1970, № 1), «разговаривая с воспитанниками Загорской школы или читая написанные ими строки, вы можете быть уверены, что за каждым словом тут стоит ясная и всегда самостоятельно продуманная мысль. Таковы они все и, что не менее важно, во всем, в том числе и в усвоении учебных программ. Дело тут не только и даже не столько в темпах усвоения знаний, сколько в его качестве, в глубине и основательности овладения принципами интеллектуальной и нравственной культуры. «Нормальная» школа с ее педагогикой такого уровня добывается, как все мы хорошо знаем, далеко не всегда. Это обстоятельство и позволяет видеть в работе Соколянского-Мещерякова не сугубо специальный клинический случай, интересный лишь

для специалиста дефектолога, а особый случай человеческого развития, на котором могут и должны быть прослежены в их «чистой» - незамутненной и не загороженной подробностями – форме некоторые фундаментальные закономерности формирования нормальной человеческой психики» (Э.В.Ильенков, 1970). Э.В.Ильенков отметил, что развитие слепоглухонемого ребенка предоставляет в руки исследователя богатейший материал для решения конкретных психологических проблем, демонстрируя как бы в чистых лабораторных условиях, которые можно строго зафиксировать, все узловые точки становления человеческой психики – моменты возникновения таких феноменов, как самосознание, рефлексия, воображение, мышление, нравственное чувство и т.д. Э.В.Ильенков подчеркивал, ссылаясь на оценку лауреата Нобелевской премии по химии Н.Н.Семенова, что работа школы Соколянского-Мещерякова является далеко еще не оцененным и не исчерпанным кладом для науки, работой, которая должна привлечь к себе более серьезное внимание, нежели то, которое ей до сих пор оказывалось. Е.Князева и А.Туробов в статье «Познающее тело» (журнал «Новый мир», 2002, № 11) завершают анализ исследований Соколянского и Мещерякова следующим выводом: «...Даже если формирование схем восприятия начинается у индивида с резкого отклонения и крайней скудости притока впечатлений, то вектор развития все равно переориентируется на максимально развернутую схему, созданную в ходе эволюции вида, подобно тому, как росток из любых положений тянется к свету» (Е.Князева, А.Туробов, 2002).

### **Успехи обучения техническому творчеству**

Возможность планомерного увеличения числа людей, занимающихся продуктивной творческой деятельностью, доказана работами Г.С.Альтшуллера и его последователей. Г.С.Альтшуллер является создателем знаменитой теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Проанализировав несколько тысяч технических патентов, в которых зафиксирован неоценимый опыт самых разных изобретателей, Альтшуллер выделил и сформулировал 40 принципов устранения технических противоречий, освоение и применение которых помогает успешно решать изобретательские задачи. Эти 40 принципов (выполняющих роль навигаторов изобретательского мышления) легли в основу разработанной им эвристической программы, призванной заменить слепой перебор вариантов целенаправленным продвижением в район решения. Позже Альтшуллер дополнил эти принципы большим каталогом различных физических и технических эффектов, который пополняется и в наше время его учениками. В виде ТРИЗ впервые в истории появились теория, методы и модели для систематического исследования и разрешения сложных технико-технологических проблем, содержащих острое физико-техническое противоречие и принципиально не решаемых традиционными методами конструирования. В 1980-х годах преподавание основ ТРИЗ в ряде средних и высших учебных учреждений дало замечательные результаты. Как отмечают Н.Петрович и В.Цуриков в книге «Путь к изобретению», в 1986 году в нашей стране действовало около двухсот школ и университетов технического творчества, где изучали методы теории решения изобретательских задач, применяя их на практике. Опыт России перенимали в других странах. В частности, в Болгарии даже был создан научный центр по изучению ТРИЗ. В новые учебные планы некоторых вузов страны вводился учебный курс «Основы научных исследований», в программе которого предусматривалось изучение методов ТРИЗ. Обучение в школах ТРИЗ не заканчивалось защитой творческих итоговых работ. Многие выпускники пробовали свои силы в исследовательской и преподавательской работе, а основная их масса изобретала, но уже с применением всего арсенала средств, даваемых теорией. И изобретала успешно. Например, за три года после окончания школы ТРИЗ при Минском радиотехническом институте 28 молодых инженеров подали 197 заявок на изобретения, получив 130 авторских свидетельств. За девять лет в Днепропетровске ТРИЗ изучили 500 слушателей. Итог их практической работы – 350 авторских свидетельств. Начиная с 1980 года, в технических вузах Украины студенты изучали дисциплину «Основы технического творчества», программа которой в основном включала методы ТРИЗ. За три

года после введения новой дисциплины изобретательская активность студентов заметно возросла. Только за 1983 год они получили 292 авторских свидетельства (Н.Петрович, В.Цуриков, 1986). Воспитание творческих личностей с помощью ТРИЗ демонстрирует колоссальную роль средовых влияний в развитии и совершенствовании человеческого интеллекта. Попутно обратим внимание на то, что основные принципы ТРИЗ Альтшуллера были сформулированы на базе индуктивного обобщения результатов анализа тысяч патентов. Об этом легко догадаться при знакомстве с книгой М.Орлова «Основы классической ТРИЗ» (2005). Это говорит о том, что эвристические программы и стратегии открываются с помощью индукции – логической процедуры, о которой нам еще предстоит говорить.

### **Исследования М.Розенцвейга, Э.Беннета и М.Даймонд**

Интересен вопрос о том, какие физиологические и биохимические изменения могут происходить в мозге животных и человека под воздействием стимулирующего окружения, то есть постоянного притока разнообразной информации. Другими словами, как внешняя среда может запускать развитие определенных структурных элементов мозга? Этот вопрос однажды поставили перед собой американские ученые Марк Розенцвейг, Эдвард Беннет и Марион Даймонд. В 1972 году они провели экспериментальное исследование, в ходе которого удалось пролить свет на некоторые биохимические процессы, происходящие в мозге под влиянием информационных потоков. Во многих психологических работах указывается, что автором данного исследования является М.Даймонд, что, по-видимому, связано с ее важной ролью в организации эксперимента. Розенцвейг, Беннет и Даймонд взяли крыс и разделили их на две группы. Животных первой группы они поместили на 4 - 10 недель в обогащенную среду, то есть в большую клетку с широким набором разных игрушек: качелей, лестниц, «беличьих колес» и т.д. Животных второй группы они содержали в течение тех же 4-10 недель в информационно обедненных условиях, то есть в маленькой пустой клетке без каких-либо развивающих объектов (игрушек). Когда Розенцвейг, Беннетт и Даймонд стали изучать мозг крыс, выращенных в разных условиях, они заметили следующее. Кора головного мозга крыс из обогащенных условий оказалась значительно тяжелее и толще. Уровень активности фермента ацетилхолинэстеразы, обеспечивающего быструю и эффективную передачу нервных импульсов между клетками мозга, оказался выше у крыс с обогащенным жизненным опытом. В обогащенных условиях у крыс развивались нейроны большего размера. Кроме того, соотношение РНК и ДНК – веществ, играющих важнейшую роль в росте клеток мозга, - было выше у крыс с обогащенным опытом. Наконец, под большим увеличением с использованием электронного микроскопа было обнаружено, что синапсы у крыс с богатым опытом на 50% больше, чем у крыс, выращенных в обедненных условиях. Эти факты привели исследователей к совершенно правильному выводу, что многие аспекты анатомии и химии мозга изменяются в результате познавательного опыта. Вот как описывает результаты опытов американских ученых Роджер Хок в книге «40 исследований, которые потрясли психологию» (2006): «Результаты говорят о том, что мозг крыс, выращенных в обогащенных условиях, отличается от мозга крыс, выращенных в обедненных условиях, во многих отношениях. Кора головного мозга – это та часть мозга, которая отвечает на воздействия окружающей среды и контролирует движение, память, обучение и чувственное восприятие (зрение, слух, осязание, обоняние). Кроме того, уровень активности упомянутого выше фермента нервной системы, ацетилхолинэстеразы, оказался выше у крыс с обогащенным жизненным опытом» (Хок, 2006, с.36). «У двух групп животных, - подчеркивает Р.Хок, - не было выявлено значительной разницы в числе клеток мозга (нейронов), но в обогащенных условиях у крыс развивались нейроны большего размера. С этим связаны и данные о том, что соотношение РНК и ДНК – веществ, играющих важнейшую роль в росте клеток мозга, - было выше у крыс с обогащенным опытом. Это говорит о том, что у этих животных уровень химической активности мозга был выше» (там же, с.36). Об этом же сообщают В.Венгар и Р.Поу в книге с интригующим названием «Неужели я гений» (1997): «В стимулирующей среде крысы не

только дожили до трех лет (что соответствует примерно девяти годам человека), но у них увеличились и размеры мозга. Между нервными клетками вырос целый лес новых соединений в форме дендритов и аксонов – тонких разветвленных структур, передающих электрические сигналы от одной нервной клетки (нейрона) к другой. Крысы, обитавшие в обычных клетках, умирали раньше. Их мозг имел значительно меньше межклеточных соединений, чем у стимулировавшихся собратьев, и в какой-то момент развитие животных остановилось вовсе» (В.Венгар, Р.Поу, 1997). Тот факт, что животные, выращенные в активно стимулирующем окружении, по развитию и биохимическим особенностям мозга отличаются от животных, выращенных в условиях с низкой информационной стимуляцией, позволяет осознать реальное значение среды и окружения в функциональной активности мозга. Имеются и другие данные о влиянии обучения на физические особенности мозга. Так, например, Д.Палмер и Л.Палмер в книге «Эволюционная психология» приводят следующие данные, полученные с помощью магнитно-резонансной томографии мозга (МРТ-метода). «Неврологические исследования, - констатируют они, - показали, что интенсивная практика игры на музыкальных инструментах приводит к заметному увеличению участков коры головного мозга, слоя серого вещества, наиболее тесно связанного с высшими мозговыми функциями. МРТ-исследования свидетельствуют, что у музыкантов, начавших заниматься музыкой до 7 лет, мозолистое тело на 10-15% толще, чем у людей, не занимающихся музыкой или начавших изучать ее позже этого возраста» (Д.Палмер, Л.Палмер, 2003, с.89).

### **Изменился ли интеллект человека за сотню тысяч лет?**

Изучая структуру общественного сознания индейских племен, их мифы, наполненные образами богов, героев, людей, явлений природы, рассматривая эти мифы в качестве характерных продуктов примитивной духовной культуры, К.Леви-Стросс сделал вывод об исторической неизменности законов мышления. Он пришел к заключению, что мифологическое коллективное фантазирование адекватно отражает «анатомию ума». Согласно творцу структурной типологии мифов, по своим интеллектуальным операциям архаическое мышление не отличается от современного: логика мифического мышления является столь же взыскательной, как логика современного мышления. Различия между первобытным и современным мышлением состоят не в логических процедурах, а в содержании информации, которой оперирует первобытный и современный человек. С точки зрения психологов, утверждение универсальности ментальных структур стирает качественные различия между конкретно-историческими формами проявления сознания. Независимо от К.Леви-Стросса к аналогичным заключениям пришел лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине Даниел Гайдузек. Известно, что Гайдузек был удостоен Нобелевской премии за выяснение причины возникновения болезни «куру-куру», которая поражала папуасов Новой Гвинеи. Более известное название данной болезни – «смеющаяся смерть». Основываясь на том, что дети первобытных племен, попадая в современную культуру, легко осваивают плоды этой культуры, Гайдузек выступил с идеей о том, что за последнюю сотню тысяч лет мыслительные способности человека не претерпели существенных изменений. В свое время Гайдузек привез в США большое количество детей первобытных племен, обитавших на островах Новой Гвинеи в обстановке каменного века. Ученый усыновил их и заметил, что эти дети, обучаясь в средних и высших учебных заведениях США, впоследствии проявили себя в сфере политики, дипломатии, медицины, математики и т.д. Это и позволило ему сформулировать мысль о неизменности принципов человеческой логики в пространстве последних тысячелетий. В книге И.Харгиттай «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии» (2006) Гайдузек вспоминает: «Я вывез сотню малышей из обстановки каменного века, и сейчас некоторые из них являются послами своих стран, они вникают в тонкости политологии, политики, дипломатии, медицины, педагогики и даже высшей математики в течение первой трети отведенной им жизни. У них нет никаких проблем с современной культурой. За последний миллион лет человеческий интеллект совершенно не изменился. Он не изменится и в течение следующего миллиона лет»

(Харгиттаи, 2006, с.406). Весьма интересно, что когда И.Харгиттаи спросил у Гайдузека, что он считает самым важным своим достижением, ученый ответил: «Если я буду перечислять области, в которых мой вклад, по-моему, был особенно важен, окажется, что Нобелевскую премию мне дали совсем не за это. Я думаю, что самая важная область науки, в которую я внес вклад, - это исследование изменчивости познавательной функции мозга, непостоянства, с которым мозг программирует выполнение определенных заданий и в современном обществе, и у людей каменного века» (Харгиттаи, 2006, с.406). С точки зрения Гайдузека, мышление первобытного человека ничем не отличается от мышления современных людей. Это связано с тем, что за последнюю сотню тысяч лет не было никакого прогресса в развитии мыслительных способностей человеческого мозга. Какому-нибудь древнему китайскому философу или, скажем, Канту потребовалось бы всего несколько недель, чтобы усвоить понятия ядерной физики или современной биологии.

Каким образом можно объяснить неизменность логического мышления нынешних людей и человека, жившего в доисторические времена? Наиболее очевидным представляется объяснение, которое указывает в качестве причины неизменность генов, которые определяют такое свойство мозга, как логическое мышление. Другими словами, генетические структуры, благодаря которым каждый индивид приобретает способность мыслить в рамках логических правил, относятся к числу консервативных генетических структур. Реальность этой консервативности, то есть защищенности от изменений (мутирования) генов, контролирующей логическую деятельность мозга, вполне аналогична консервативному характеру других генов, обнаруженных генетиками. В частности, английский биохимик Пол Нерс с сотрудниками обнаружил эволюционную консервативность (неизменность) генов, определяющих цикл деления клеток. За это открытие он был удостоен в 2001 году Нобелевской премии по физиологии и медицине. В частности, Пол Нерс, изучая генетические последовательности участков ДНК, контролирующей процесс деления клеток у дрожжей и человека, заметил совпадение этих последовательностей. Это совпадение очень удивило его, поскольку подобные факты не так часто удается зафиксировать ученым и в дальнейшем сделать достоянием всех людей. И.Э.Лалаянц в статье «Консервативный каскад» (газета «Биология», № 48, 2002) описывает реакцию Пола Нерса на обнаружение сходства генов, определяющих цикл деления клеток у дрожжей и человека: «Поначалу мы не могли поверить своим глазам, но когда вывели генетические последовательности на дисплей компьютера, то увидели, что они совпадают! Это был пример эволюционной консервативности, свидетельствующий о том, что у дрожжей и у человека клеточный цикл регулируется одинаково. Это был момент, когда можно было воскликнуть «Эврика!» К тому времени Нерс работал уже вместе с Тимом Хантом в Имперском фонде раковых исследований, где они организовали лабораторию по изучению механизмов контроля клеточного цикла» (И.Э.Лалаянц, 2002). Другой пример консервативности определенных генов нам предоставляют исследования швейцарского ученого Вальтера Геринга, который в начале 1990-х годов установил, что главная генетическая программа, определяющая формирование структур глаза, сохранилась неизменной со времен появления первого предка позвоночных и членистоногих (более 600 миллионов лет назад). Это обстоятельство выяснилось в ходе следующего эксперимента. Юрий Панчул в статье «Эво-дево – магия XXI века» (журнал «Новое время», № 23 (69) от 9 июня 2008 г.) повествует: «В начале 1990-х годов швейцарский исследователь Вальтер Геринг произвел странный эксперимент. Геринг внедрил ген мышцы Рах-6, ответственный за формирование глаза, в тело... мухи. В результате у мухи начали формироваться недоразвитые глаза в самых разных местах тела – на ногах и даже на крыльях. Но самое поразительное: эти глаза были не мышинные, а мушинные. Как это возможно? Ведь анатомически глаза млекопитающих не имеют никакого отношения к фасеточным глазам насекомых. Каким образом генетическая программа мышцы заработала в организме мухи? Ответ на этот вопрос был получен в рамках новой науки эво-дево, которая занимается расшифровкой и модификацией генетической программы построения тел живых существ во время эмбрионального развития» (Ю.Панчул, 2008). «После эксперимента с подсадкой гена

мышь мухе, - продолжает Ю.Панчул, - Вальтер Геринг пришел к выводу, что главная генетическая программа построения глаза сохранилась в геноме животных еще со времен общего предка позвоночных и членистоногих – более 600 миллионов лет назад» (Ю.Панчул, 2008). Об этом же пишет Александр Зайцев в статье «Краткая история глаза» (журнал «Знание-сила», № 3, 2003). Таким образом, неизменность логического мышления, на которую обратили внимание Д.Гайдузек и К.Леви-Стросс, можно объяснить консервативностью генов, обуславливающих логику как важнейшее свойство человеческого интеллекта. Если рассматривать логику только человека, не затрагивая вопроса о наличии зачатков (определенных элементов) этой логики у шимпанзе и других животных, то она существует уже около 150 тысяч лет. Такая оценка связана с временем существования самого человека как биологического вида. Д.Палмер и Л.Палмер в книге «Эволюционная психология» констатируют: «В результате раскопок обнаружены останки морфологически современных людей возрастом более 120000 лет. Генетические исследования свидетельствуют о том, что наш вид возник около 150000 лет назад» (Д.Палмер, Л.Палмер, 2003, с.90). В свете понятия консервативных генов, определяющих человеческую логику, легко прийти к заключению, что попытки некоторых специалистов обнаружить биологические различия между людьми по уровню развития интеллекта лишены каких-либо перспектив и оснований. Интеллект в своей работе базируется на логике, а логика контролируется генами, относящимися к категории консервативных. Мутации этих генов означали бы исчезновение указанного интеллектуального свойства, а без него (без логики) организм терял бы все шансы на биологическое выживание. Постоянно действующий в природе отбор наложил запрет на вариации генов, определяющих жизненно важные для организма способности (признаки). Аналогия между консервативностью генов логики и генов, отвечающих за формирование других признаков живого организма (например, генов-контролеров цикла деления клетки или генов, формирующих орган зрения), может служить весомым доводом в пользу отсутствия «одаренности» как объективного понятия, в пользу того, что «природный талант» является псевдопонятием.

В последние годы ученые открывают все новые и новые свойства и признаки живых организмов, которые контролируются консервативными генами, исключаящими возможность широких биологических вариаций этих признаков. Соответственно, сами консервативные гены становятся предметом обсуждений и анализа во многих научных монографиях и статьях. Н.С.Жданова в статье «Нить Ариадны в генетике» (журнал «Природа», 2007, № 6) пишет по данному поводу: «В первых же работах по картированию геномов млекопитающих с помощью межвидовых гибридов соматических клеток выяснилось, что гены, синтенные у одного вида, синтенны и у других видов. Удивительно, но некоторые ассоциации генов прослеживаются вплоть до птиц и костистых рыб. Наличие в геномах таких консервативных, или гомологичных, районов вызвало большой интерес у исследователей, и в дальнейшем сформировалось целое направление – сравнительное картирование, вошедшее в состав геномики, науки о структуре и эволюции геномов. Консервативными бывают и целые хромосомы. Например, один и тот же набор генов содержат 17-я хромосома человека, 19-я коровы, 12-я свиньи и т.д. Другие консервативные участки существенно меньше по размеру» (Н.С.Жданова, 2007). А.Марков в статье «Гены управляют поведением, а поведение - генами» (сайт «Элементы большой науки», 12.11.2008 г.) отмечает еще один пример действия консервативных генов: «Одно из самых интересных открытий состоит в том, что некоторые молекулярные механизмы регуляции социального поведения оказались на редкость консервативными – они существуют, почти не меняясь, сотни миллионов лет и работают с одинаковой эффективностью как у людей, так и у других животных. Типичный пример – система регуляции социального поведения и общественных отношений с участием нейропептидов окситоцина и вазопрессина» (А.Марков, 2008).

В пользу консервативности генов, определяющих такое свойство, как логическое мышление, говорят и исследования этологов. Изучая способность самых разных животных (птиц, дельфинов, обезьян) к операциям обобщения и аналогии, этологи вынуждены были

констатировать реальное существование этой способности у названных животных. Поскольку даже ранние представители отряда приматов, демонстрирующие свойство логического обобщения (индукции, генерализации), возникли на миллионы лет раньше, чем вид гомо сапиенс, можно сделать вывод, что консервативные гены, контролирующие функцию логического обобщения, существуют и сохраняют свою активность на протяжении миллионов лет. Поэтому вряд ли среди физически здоровых людей, наделенных вполне здоровым мозгом, возможны серьезные биологические вариации в интеллектуальных способностях, а именно в способностях к логическому оперированию информацией.

В 1947 году американский лингвист Дж.Ципф обнаружил любопытнейшую связь между частотой употребления слова и его «возрастом». Чем выше эта частота, тем древнее слово. Другими словами, высокая частота употребления слова в том или ином языке определяет высокую степень консервативности данного слова, его устойчивость в языковой системе. С тех пор как другой американский языковед Морис Свадеш начал анализировать скорость изменения языков и языковых семей, его последователи определили эту скорость (темп исчезновения из языка одних слов и появления других) для многих слов в различных языках. При этом были обнаружены весьма консервативные слова, не претерпевшие изменений за многие сотни, а порой и тысячи лет. Учитывая, что исследователями давно уже обнаружена аналогия между лингвистическими и генетическими текстами (между словами языка и генотипа), мы можем констатировать, что консервативность генов, определяющих умственные операции обобщения и переноса, обусловлена высокой частотой употребления этих операций организмами самых разных биологических видов. Другими словами, консервативные гены, ответственные за осуществление индукции и аналогии как способов переработки информации, подчиняются своеобразному закону Ципфа, связывающему возраст слов с частотой их употребления.

Разумеется, представление о консервативности генов, ответственных за формирование человеческой логики, является новым и еще не вошедшим в обиход науки. Однако у этого представления есть все шансы получить распространение среди ученых и стать ключевым звеном в интерпретации универсальности логики.

### **Насколько реальна интуиция как механизм работы мозга?**

На протяжении длительного времени в исследованиях, посвященных анализу творческой деятельности, подчеркивалась роль интуиции. Предполагалось, что с помощью интуиции истина открывается разуму человека путем прямого усмотрения без использования логических определений и доказательств как промежуточных звеньев познания. Р.Декарт в сочинении «Правила для руководства ума» пишет: «Под интуицией я разумею не веру в шаткое свидетельство чувств и не обманчивое суждение беспорядочного воображения, но понятие ясного и внимательного ума, порождаемое лишь естественным светом разума и благодаря своей простоте более достоверное, чем сама дедукция» (Декарт, 1950, с.86). Если ознакомиться с работами философов и психологов прошлого и нынешнего времени, то легко заметить, что многие из них разделяли идею о существовании интуиции и предлагали свое понимание этого феномена. В ней видели некое божественное знание (Платон), чувство ясности и самоочевидности (Р.Декарт), биологический инстинкт (А.Бергсон), образное мышление (Р.Арнхейм), личностное знание, связанное с ценностными ориентирами личности (М.Полани). Интуицию трактовали как средство познания априорных истин (И.Кант), как чувственное созерцание (Г.Гегель), как дологическую стадию развития детей (Ж.Пиаже), как неосознанную умственную деятельность, то есть неосознанный опыт (И.Павлов) и т.д. Позже мы приведем таблицу различных представлений об интуиции, излагавшихся в трудах философов и психологов, анализировавших проблемы творчества. Поскольку многие точки зрения относительно природы инсайта (внезапного озарения) часто противоречили друг другу, находились ученые, которые подвергали критике и сомнению само существование этого механизма. Возникали, например, вопросы: а) насколько обоснованно рассматривать интуицию как средство познания априорных истин, если любые абстрактные идеи имеют

непосредственное отношение к внешнему миру и на каждом шагу проверяются практически?

б) правомерно ли называть интуицией неосознанный опыт, то есть неосознанный когнитивный процесс, если природа этого процесса не меняется от того, что мы перестаем его осознавать или осознаем не полностью? При анализе различных характеристик инсайта, встречающихся в тех или иных монографиях, бросались в глаза такие приписываемые ей и неизбежно вызывающие возражения признаки, как отсутствие причин, приводящих к результату, отсутствие промежуточных звеньев в цепи рассуждений и невозможность их обнаружить интроспекцией, независимость от предшествующих знаний и экспериментальной проверки. Интуиции приписывали спонтанность и легкость возникновения новых идей, способность увидеть правильное решение там, где его не видит логика, способность преодолеть ограничения, накладываемые теоремой Геделя о неполноте на любой метод познания. Несомненно, что именно это заставило М.Бунге в книге «Интуиция и наука» (1967) объяснять простые истины, позволяющие понять, что значительная часть существующих интерпретаций интуиции противоречит здравому смыслу. М.Бунге отмечал, что история науки показывает нам, каким тяжким и далеким от легкого интуитивного понимания был процесс построения человеком тех понятий и теорий, которые он создал за несколько последних тысячелетий. М.Бунге называл философской незрелостью и наивностью веру в возможность полного, непосредственного улавливания (усмотрения) истины, ибо всем нам известно, что приключения познания рискованны и что нет им конца, что оно мечется от неудачи к неудаче. Если любая данная интуиция так же хороша, как и всякая другая, аргументировал аргентинский философ, то она не подлежит подгонке под какую-нибудь другую интуицию. Ведь согласно философскому интуитивизму, обе они заслуживают равного уважения, ввиду чего не подлежат никаким проверкам. Что же мы получим в результате исключения самой возможности проверок? Как ни странно, мы получим неразрешенное противоречие. Логическим развитием взгляда о независимости интуиции от опытной проверки оказывается парадоксальный вывод о том, что всякое знание есть знание личное или частное, а отсюда недалеко до теоретического анархизма, необходимости сохранять взаимно исключаящие представления. Как замечает (причем, вполне оправданно) М.Бунге, никому неизвестно, что догадка удачная, пока она не проверена, а подобная работа требует логического развития догадки (М.Бунге, 1967).

В свое время О.К.Тихомиров совместно с В.А.Тереховым (1967) провел экспериментальное исследование игры в шахматы слепых шахматистов. Игра таких шахматистов полностью основана на осязательной активности, на постоянном ощупывании фигур, анализе возникающих позиций и планировании наиболее выгодных ходов. Метод осязательной оценки складывающейся шахматной ситуации, которым пользуются лишенные зрения игроки, дает возможность увидеть весь процесс их игрового мышления, все промежуточные звенья их интеллектуального поиска. Это тот особый случай, когда мыслительная деятельность человека носит максимально развернутый характер, имеет форму, доступную для объективной регистрации. О.К.Тихомиров внимательно изучил «осязательное» мышление слепых шахматистов и пришел к заключению о том, что интуиция как неосознанный и не имеющий промежуточных стадий процесс обработки информации не является реально существующим механизмом. В книге «Психология мышления» (2002) О.К.Тихомиров отмечает: «При исследовании творческого мышления существеннейшим звеном считалось нахождение принципа, основной идеи, замысла решения. Часто этот акт характеризуется как внезапный, непосредственно из предшествующей деятельности не вытекающий, и получает далее нерасшифровываемые наименования интуиция, усмотрение решения, которые противопоставляются аналитическому, или дискурсивному, мышлению. Объективный анализ осязательного поиска показал, что действительная природа процесса не соответствует ее видимости, что в осязательной активности происходит подготовка вербализованного отражения свойств элементов ситуации. Подготовка «внезапного» появления вербализованного продукта выражается в осуществлении активных исследовательских действий и формировании невербализованных операциональных смыслов

элементов» (Тихомиров, 2002, с.80). Здесь под элементами отечественный психолог подразумевает элементы игровой ситуации на шахматной доске, которые отражаются в мышлении шахматиста и определяют его игровое поведение.

В огромном количестве психологических работ описываются опыты немецкого исследователя В.Келера (1925), который, изучая поведение шимпанзе по имени Султан, открыл метод решения задач, который он назвал интуитивным научением. Другими словами, В.Келер обнаружил явление инсайта (внезапного прозрения) у представителей отряда приматов. Этот инсайт, то есть мгновенное схватывание ситуации, возникал у животных, когда они пытались достать банан, используя палки. Свое открытие В.Келер оценил как естественное объяснение того инсайта, неожиданного нахождения правильного решения, которое характерно для людей. Ж.Годфруа в книге «Что такое психология» (1992) описывает эксперимент В.Келера, демонстрирующий способность шимпанзе к внезапному прозрению: «Одна из обезьян Келера в эксперименте с недостижимым для нее бананом сначала пыталась достать плод одной палкой, потом другой, но палки были слишком коротки. Тогда она прекратила свои попытки, стала разглядывать находившиеся около нее предметы и вдруг быстро проделала логичную последовательность действий: схватила обе палки, вставила их одну в другую, просунула между прутьев клетки и достала банан. В англоязычной литературе такое внутреннее связывание элементов, из которых складывается решение, получило название инсайт (insight – проникновение внутрь, постижение)» (Годфруа, 1992, с.321-322).

Находку В.Келера трактовали как существенное изменение прежних взглядов, базировавшихся на экспериментах Э.Торндайка по анализу научения животных методом проб и ошибок. В результатах исследования В.Келера увидели свидетельство в пользу реального существования интуиции, способности мгновенно понять тип возникшей задачи и ее требования. При этом практически никто не обратил внимания на то, что Султан догадался соединить две палки, чтобы достать банан, не внезапно, а в результате применения своих предыдущих знаний. В чем заключались эти знания? Как ни странно, Султан уже до опыта, который в своих работах описал В.Келер, знал, что достать банан можно путем соединения двух палок. Это знание у него сформировалось непредвиденным, непреднамеренным образом, когда однажды во время игры он случайно вставил одну палку в другую. В той ситуации, которую описывает В.Келер как пример проявления инсайта, Султан продемонстрировал не инсайт, а способность к аналогии, к переносу удачных форм поведения из одной ситуации в другую. Пример Султана позволяет понять некий достаточно общий механизм решения задач животными и человеком: сначала в результате проб и ошибок, практически случайно обнаруживается (открывается) удачный способ решения возникающей проблемы, а затем на основе аналогии этот способ переносится в другие ситуации. Указание на то, что Султан случайно открыл способ достать фрукты, содержится в книге Дж.Гудолл «Шимпанзе в природе» (1992), где автор пишет: «Султан, например, «догадался» соединить друг с другом две палки и таким образом удлинить орудие настолько, чтобы достать расположенную вне клетки пищу, только после того, как однажды во время игры он случайно вставил одну палку в другую. До тех пор решение задачи Султану никак не давалось, хотя Келер даже сам продемонстрировал шимпанзе богатые возможности полой палки, засунув в один из ее концов палец животного» (Дж.Гудолл, 1992). Это высказывание Дж.Гудолл разрушает всю концепцию инсайта, построенную немецким психологом Вольфгангом Келером (1925). Примечательно, что В.Келер нигде не говорит о том, что перед тем как достать банан с помощью двух палок, обезьяна сначала случайно в игре научилась их соединять. Следовательно, шимпанзе по имени Султан уже до опытов Келера владела информацией о том, как можно соединять палки и таким образом удлинять их. Ее инсайт базировался именно на этой предварительной информации, полученной случайно. Этологам известны и другие ситуации, когда шимпанзе случайно наталкивались на верный способ решения проблемы. Так, Ж.И.Резникова в статье «Исследование орудийной деятельности как путь к интегральной оценке когнитивных возможностей животных» («Журнал общей биологии», 2006, № 1) пишет об опытах Г.З.Рогинского (1948) и Н.Н.Ладыгиной-Котс (1959),

в которых они исследовали орудийную деятельность шимпанзе по имени Парис: «В других опытах экспериментатор предлагал Парису лакомство в чашке, которую можно было притянуть к себе тесемкой, пропущенной через ручку чашки, соединив в руке свободные концы тесемки. Парис в первый же раз, сблизив обе тесемки в руке, достиг требуемого результата. Это произошло, по-видимому, случайно, так как впоследствии только после 30 ошибочных опытов он научился сблизжать и притягивать тесемки» (Ж.И.Резникова, 2006). Аналогичный случай имел место при наблюдении за шимпанзе по имени Рафаэль в опытах той же Н.Н.Ладыгиной-Котс. Ж.И.Резникова в уже упомянутой статье говорит об опытах Ладыгиной-Котс: «...Исследователи также пытались подвигнуть обезьяну на «открытие» некоторых законов физики (Штодин, 1947; Вацуро, 1948). Архимеда из Рафаэля не получилось, хотя он и использовал собственные случайно найденные удачные приемы для того, чтобы предотвратить вытекание воды из дырявой кружки. В одном из опытов Рафаэлю дали для закладывания отверстия кружки металлический шарик. В первый раз он случайно заткнул им отверстие благодаря тому, что, положив шарик в рот, набрал в рот воды, которую вместе с шариком выплюнул в кружку, причем шарик попал в отверстие и закрыл его. Замечательно, что зверь все же установил связь между «затычкой» и вытекающей водой» (Ж.И.Резникова, 2006). Все эти факты подтверждают идею А.Кастлера и А.Хазена о том, что новая информация синтезируется путем запоминания случайного выбора, или, другими словами, путем сохранения и использования в других ситуациях сведений, полученных случайно, в процессе проб и ошибок.

Можно было бы склониться к предположению об интуиции как образном мышлении, однако процесс оперирования образами в настоящее время уже практически расшифрован. Установлена аналогия между образными представлениями (репрезентациями) и образами восприятия, то есть отражением объектов внешнего мира в этом восприятии. Наиболее убедительно сходство ментальных и перцептивных образов показано в экспериментах Стивена Косслина (1974, 1978). Косслин предлагал испытуемым взглянуть на карту воображаемого острова, запомнить расположенные на нем пункты (пляж, дом, озеро). Затем карту убирали. Испытуемых просили представить ее «во внутреннем взоре» и мысленно посмотреть на какой-либо из пунктов. После этого Косслин называл какой-то другой пункт, требовалось ответить, имеется ли он на карте (ответ «да» или «нет») и провести прямую линию от первого пункта ко второму. Регистрация времени ответа позволила оценить скорость перемещения «в ментальном пространстве». Было показано, что динамика времени ментального сканирования подобна динамике рассмотрения этих объектов на карте, то есть образный код напоминает в существенных чертах динамику процесса восприятия. Оказалось, что в обоих случаях время сканирования является линейной функцией расстояния между двумя пунктами. Другими словами, воображаемая информация представлена и обрабатывается теми же способами, которыми представлена и обрабатывается перцептивная информация. Таким образом, обнаружена идентичность образного мышления (воображения) и процесса восприятия. Позже Марта Фарах (1985, 1988) подтвердила результаты Косслина. Она показала, что при воображении отдельных букв непосредственно задействуются некоторые из тех процессов, которые связаны с реальным восприятием буквы. Воображаемые буквы ускоряют распознавание тех же букв, предъявляемых тахистоскопически, но только в том случае, если воображаемая буква имеет точно те же размеры и положение, как и реальная. С.Косслин (1993) дополнил свои опыты результатами исследования мозга методом позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). До этого уже было показано, что паттерн интенсивности кровотока при решении задачи на образы сходен с тем, что обычно обнаруживается в перцептивных задачах. С.Косслин с использованием ПЭТ-сканера дал яркое сравнение структур мозга, участвующих в восприятии и образном представлении. Испытуемые во время сканирования мозга выполняли две различные задачи – задачу на восприятие и задачу на образы. Примечательно, что задача на восприятие вызывала повышение нервной активности в участках зрительной коры. Но то же самое происходило и в задаче на образы! Действительно, задача на образы приводила к повышению активности в тех

структурах мозга, которые относятся к первичным зонам коры, которые первыми получают зрительную информацию. Еще более удивителен тот факт, что нервные структуры, которые определяют нашу способность к образному мышлению (воображению), совпадают с нервными структурами, ответственными за нашу память. Как указывает Т.В.Черниговская в статье «Что делает нас людьми: почему непременно рекурсивные правила?» (сборник статей «Разумное поведение и язык», 2008), «память имеет ту же природу и «адрес» в мозгу, что и воображение, фантазии; если нарушен гиппокамп, то страдает не только сама память (то есть прошлое), но и способность представлять и описывать воображаемые события, создавать сюжеты (т.е. будущее или возможное). Иными словами, память – мать воображения» (Черниговская, 2008, с.402).

Мы уже говорили о том, что понимание интуиции как стратегии, не основывающейся на опыте и не нуждающейся в проверке, влечет за собой теоретический анархизм, необходимость сохранять взаимно исключаящие представления. Кроме этого, подобное представление об инсайте создает впечатление, что может существовать алгоритм (метод познания), в самом себе содержащий критерии истинности. Другими словами, нам следовало бы поверить в возможность закрытого (именно закрытого!) алгоритма, в самом себе несущего гарантии достоверности своих утверждений о внешнем мире. Однако даже теоретическая возможность такого алгоритма противоречит теореме Геделя о неполноте. Согласно данной теореме, нельзя доказать истинность и непротиворечивость того или иного алгоритма, той или иной теоретической системы средствами самой этой системы. Если говорить, например, об арифметике или геометрии, то подобный запрет связан с тем, что все аксиомы арифметики и геометрии, несмотря на абстрактный характер этих наук, заимствованы из опыта, наблюдения. Указанные аксиомы представляют собой не что иное, как экспериментальные гипотезы. Следовательно, для доказательства истинности и непротиворечивости этих аксиом нужно обратиться к опыту, наблюдению, то есть провести экспериментальную проверку. Любой алгоритм, исключающий возможность такой проверки, любая теоретическая система, лишенная контакта с опытом, являющаяся закрытой теоретической системой, не может служить эффективным методом познания. Такая система не в состоянии адекватно отражать реальность, поэтому она обречена на вырождение. Об этом писал еще В.М.Глушков в статье «Развитие абстрактного мышления и запрет Геделя» (В.М.Глушков, «Кибернетика. Вопросы теории и практики», 1986). В указанной статье отечественный ученый подчеркивает: «Будучи оторванной от животворного источника взаимодействия с окружающей действительностью, любая формальная система неизбежно застывает в своем развитии и становится способной описывать и объяснять лишь ограниченный круг предметов и явлений. Все сказанное является для марксистско-ленинской философии азбучной истиной. Однако многие выдающиеся ученые в разные периоды развития науки верили в то, что возможно создать законченные формальные системы, которые в принципе способны доказать любое правильное утверждение в математике, физике и в других дедуктивных науках» (В.М.Глушков, 1986). Говоря о том, что многие до сих пор полагают, будто Гедель нашел некоторое принципиальное ограничение формальной логики, В.М.Глушков поясняет: «...Налагаемый теоремой Геделя запрет снимается, когда формальные системы абстрактного мышления рассматриваются не изолированно, а в процессе непрерывного развития во взаимодействии с окружающим миром» (В.М.Глушков, 1986).

Как работают ученые, даже те, которых мы считаем гениями? Они не используют никаких закрытых, не опирающихся на опыт алгоритмов. В поисках необходимой информации они постоянно обращаются к различным областям знания, в которых зафиксированы результаты определенных экспериментов и наблюдений. Это является наглядной демонстрацией справедливости теоремы Геделя о неполноте. Это также является доказательством невозможности эффективно работающих закрытых алгоритмов. В противном случае ученые не нуждались бы в том, чтобы постоянно расширять свой кругозор за счет знаний, почерпнутых из эксперимента и наблюдения. Достаточно было бы ввести в мозг минимум информации, чтобы в дальнейшем, руководствуясь правилами закрытого

алгоритма, генерировать неограниченное количество новых идей. Когда Курт Гедель (1931) дал отрицательное решение задачи Д.Гильберта о доказательстве непротиворечивости математики средствами самой математики, без обращения к опыту и эксперименту, он продемонстрировал, что никакой алгоритм не может быть замкнутой (закрытой) системой.

Можно ли считать логику как способ мышления, против которого выдвигалось много критических аргументов, закрытым алгоритмом? Нет, нельзя, поскольку логика и, прежде всего, индукция как одна из главных стратегий мышления, постоянно опирается на опыт, выделяет в нем определенные фрагменты (элементы информации) и обобщает их, а затем снова возвращается к опыту для проверки возникших обобщений.

### **Аналогия между теоремой Геделя о неполноте и принципом Бергаланфи-Пригожина об открытости самоорганизующихся систем**

Трактовка теоремы Геделя о неполноте как принципа, запрещающего эффективное функционирование закрытых алгоритмических систем, позволяет выявить очень важную аналогию. Речь идет об аналогии между теоремой Геделя о неполноте и принципом Бергаланфи-Пригожина об открытости диссипативных (самоорганизующихся) систем. В свое время, анализируя истоки своих научных идей, создатель теории самоорганизации, лауреат Нобелевской премии Илья Пригожин рассказал о том, как он пришел к мысли объяснить устойчивость живых организмов тем, что они являются открытыми системами. Этот рассказ содержится в статье «Мысль и страсть Ильи Пригожина» (журнал «Химия и жизнь», 2004, № 2). Пригожин вспоминает: «Книгу Шредингера о жизни я читал с большим удовольствием, и в ней меня заинтересовали два аспекта. Первый состоял в том, что жизнь возможна только за счет обмена энтропией, то есть должен быть поток энергии. И второй: как это получилось, что жизнь так устойчива? Из крокодила получается крокодил, из курицы – курица. Речь идет не только о наследственности, но и о стабильности. Шредингер думал, что эта устойчивость подобна хорошим часам, то есть имеет механическое происхождение. Мне трудно было с этим согласиться. Аналогия, которая пришла мне тогда в голову, связана с городом. Ведь город живет только потому, что он есть открытая система – если вы изолируете его, то он постепенно прекратит существование. А взаимодействия внутри города – это то, что делает систему стабильной. В эту аналогию я верю еще и теперь и думаю, что она представляет очень важный элемент моей теории» (Пригожин, 2004). Факт невозможности существования города в случае его изоляции подтверждается нашей отечественной историей – судьбой Ленинграда, оказавшегося в блокаде в период второй мировой войны. Аналогия, которую однажды обнаружил Пригожин между причиной стабильности жизни и причиной устойчивого существования городов, состоит в открытости тех и других систем. Анализ этого факта совершенно неожиданно приводит к обнаружению еще одного параллелизма - параллелизма между принципом открытости живых систем, гарантирующей их жизнеспособность, и теоремой Геделя о неполноте, которая есть не что иное, как требование открытости для любых алгоритмов, направленных на исследование внешнего мира. Насколько нам известно, еще никто из исследователей не обратил внимания на то, что теорема Геделя о неполноте, запрещающая существование закрытых алгоритмических систем, аналогична принципу Бергаланфи-Пригожина, запрещающему устойчивое (стабильное) функционирование закрытых биологических структур. Отметим, что указанный принцип лежит в основе синергетики – науки о роли коллективных явлений в самоорганизующихся системах.

Многие ученые отмечают отсутствие точек соприкосновения между синергетикой и психологией, что затрудняет продуктивный обмен идеями между этими дисциплинами. Описанная выше аналогия между принципом Бергаланфи-Пригожина об открытости биологических систем и теоремой Геделя о неполноте, которую можно понимать как принцип открытости алгоритмических систем, внушает надежду, что в ближайшем будущем ситуация существенно изменится.

Результат Геделя, позволивший нам разобраться во многих сложных вопросах познавательной деятельности, заслуживает самой высокой оценки. Этот результат можно смело поставить в один ряд с фундаментальными открытиями современной науки. Мы вполне согласны с А.Музыкантским, который в статье «Теория противоречивости бытия» (журнал «В мире науки», 2007, № 3) говорит: «Когда речь заходит о самых выдающихся открытиях XX в., обычно называют теорию относительности Эйнштейна, квантовую механику, принцип неопределенности Гейзенберга. Однако многие крупные ученые – математики и философы – к числу величайших достижений научной мысли минувшего столетия относят и теорему Геделя. Ведь если эпохальные прорывы в области физики дали возможность человеческому разуму постичь новые законы природы, то работа Геделя позволила лучше понять принципы действия самого человеческого разума, и оказала глубокое влияние на мировоззрение и культуру нашей эпохи» (А.Музыкантский, 2007).

Возвращаясь к вопросу о степени достоверности понятия интуиции, приведем таблицу, содержащую множество различных, часто противоречащих друг другу толкований этого интеллектуального механизма.

Таблица 2. Гипотезы, предлагавшиеся для объяснения природы интуиции

| №   | Ф.И.О. автора гипотезы         | Содержание гипотезы  |
|-----|--------------------------------|--|
| 1.  | Платон                         | Интуиция как божественное знание   |
| 2.  | Рене Декарт                    | Интуиция как чувство ясности и самоочевидности   |
| 3.  | Иммануил Кант                  | Интуиция как средство познания априорных истин   |
| 4.  | Георг Гегель                   | Интуиция как чувственное созерцание  |
| 5.  | Иван Павлов                    | Интуиция как неосознанная умственная деятельность (неосознанный когнитивный процесс)                                       |
| 6.  | Яков Френкель                  | Интуиция как способность выявлять и использовать аналогии между разными идеями и концепциями                               |
| 7.  | Вольфганг Келер                | Инсайт как свойство, которым обладают приматы  |
| 8.  | Анри Бергсон                   | Интуиция как биологический инстинкт  |
| 9.  | Макс Вертгеймер, Карл Дункер   | Инсайт как внезапная реорганизация ментального поля  |
| 10. | Рудольф Арнхейм                | Интуиция как образное мышление   |
| 11. | Майкл Полани                   | Интуиция как личностное знание, связанное с ценностными ориентирами личности   |
| 12. | Карл Поппер                    | Интуиция как способ познания, не гарантирующий истину  |
| 13. | Жан Пиаже                      | Интуиция как дологическая стадия развития индивида (стадия конкретных операций, предшествующая стадии формальных операций) |
| 14. | А.Кестлер, Д.Гордон, Д.Перкинс | Интуиция как способность к конструированию метафор   |
| 15. | Амос Тверски, Даниэл Канеман   | Интуиция как вероятностный процесс обработки информации (вероятностное прогнозирование)                                    |
| 16. | Сергей Рубинштейн              | Инсайт как интеллектуальная стратегия, основанная на анализе через синтез  |
| 17. | Яков Пономарев                 | Интуиция как побочный продукт интеллектуальных действий (представленный первичными моделями)                               |
| 18. | Алексей Матюшкин               | Инсайт как механизм, связанный с образованием доминантных очагов нервного возбуждения                                      |
| 19. | Роберт Стернберг               | Инсайт как стратегия, объединяющая кодирование, сравнение и комбинирование информации                                      |

О чем может свидетельствовать такое изобилие интерпретаций интуитивного мышления? В первую очередь, конечно, о сложности самого процесса творческой деятельности, о большом количестве элементов, из которых складывается этот процесс. С другой стороны, если отвлечься (абстрагироваться) от тех элементов, которые являются второстепенными, оставив лишь ключевые, базовые, то количество составляющих элементов интеллектуальной деятельности резко сократится. Изобилие различных версий относительно природы инсайта может также служить отражением определенного методологического несовершенства психологии как научной дисциплины. В психологии, наряду с крупными достижениями последних лет, сохраняются явления, указывающие на то, что она еще не вышла полностью из допарадигмального состояния. А.В.Юревич в книге «Психология и методология» (2005) отмечает: «...Психологию можно охарактеризовать как допарадигмальную науку, т.е. преднауку, которая станет полноценной научной дисциплиной только тогда, когда в ней будут выработаны общеразделяемые критерии рациональности и достоверности знания, различные методологии объединятся, а конкурирующие парадигмы сольются друг с другом» (Юревич, 2005, с.141). Подчеркивая релятивный характер психологического знания, А.В.Юревич выделяет три основных слагаемых этой релятивности. Во-первых, то, что считается знанием в рамках одних психологических школ и направлений, далеко не всегда признается таковым с позиций других, т.е. психологическое знание неотделимо от определенного идейно-методологического контекста его производства. Во-вторых, оно неотъемлемо от определенного объекта и той социокультурной (макро- и микро-) среды, в которую он погружен, а знание, полученное применительно к одной культуре, часто оказывается неприменимой к другим культурам. В-третьих, психологическое знание ситуативно, т.е. зависит от конкретной ситуации его получения: скажем, коэффициенты корреляции, измеренные на одной и той же выборке спустя некоторое время, всегда оказываются несколько другими (там же, с.160). «Основные различия между психологией и естественными науками, - пишет А.В.Юревич, - обычно видятся, во-первых, в хаотичном состоянии психологического знания – в его неупорядоченности, некумулятивности и др., во-вторых, в различии систем объяснения, в-третьих, в дефиците практических возможностей психологии, в-четвертых, в недостатке ее прогностических возможностей, т.е. в сферах проявления основных функций науки, а все прочие различия рассматриваются как производные от этих четырех» (там же, с.256).

Если говорить об интерпретациях инсайта, которые заслуживают более или менее серьезного отношения, то следует выделить гипотезу советского физика Якова Френкеля об интуиции как способности выявлять и использовать аналогии между разными идеями. В 1931 году Я.И.Френкель выступил в Йельском университете (США) с докладом, в котором связал интуицию с аналогией. В этом докладе Я.И.Френкель отметил: «В наших поисках новых идей мы должны руководствоваться не только и даже не столько логикой, сколько интуицией. А интуиция предпочитает следовать по пути аналогий, перескакивая с полным пренебрежением логики через препятствия, если эти пути заводят в тупик. Именно эти скачки и означают переход на более высокую ступень знаний» (цитата из книги В.Я.Френкеля «Яков Ильич Френкель», 1966). «Аналогия, если обращаться с ней с должной осторожностью, - аргументировал Я.И.Френкель, - представляет собой наиболее простой и понятный путь от старого к новому; не следует только забывать, что всякая аналогия, если только она не является фактическим тождеством, имеет определенные границы» (там же). Точка зрения Я.И.Френкеля согласуется с представлениями Р.Х.Зарипова, который в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983) также предлагает понимать интуицию как разновидность аналогии (переноса). «...Мы хотим показать на ряде конкретных примеров, - пишет Р.Х.Зарипов, - что значительная часть интуитивных актов, составляющих творческий процесс, представляет собой неосознанное или не вполне осознанное использование повторяющихся алгоритмизируемых процедур. Такой процедурой – на наш взгляд, она занимает весьма большое место в творческом процессе – является

перенос некоторой фиксированной структуры при варьировании ситуаций» (Зарипов, 1983, с.13).

Что касается идей, в которых предлагается связать интуицию с познанием априорных истин или с биологическим инстинктом (или с божественным знанием), то подобные идеи лишь создают путаницу в изучении реальной творческой деятельности. Мы не можем замалчивать этот факт, хотя порой в силу инерции мышления почти не замечаем его. В свое время известный английский специалист в области гидродинамики, президент Международного союза теоретической и прикладной механики Джеймс Лайтхилл не постеснялся от лица тысяч ученых заявить, что в течение 300 лет математики и физики вводили человечество в заблуждение, распространяя концепцию абсолютного детерминизма в ущерб теории вероятностной обусловленности явлений. С.К.Бетяев в книге «Пролегомены к метагидродинамике» (2006) приводит следующие слова Д.Лайтхилла, произнесенные им в 1986 году и прозвучавшие откровением: «Здесь я должен остановиться и снова выступить от имени широкого всемирного братства тех, кто занимается механикой. Мы все глубоко сознаем сегодня, что энтузиазм наших предшественников по поводу великолепных достижений ньютоновой механики побудил их к обобщениям в этой области предсказуемости, в которые до 1960 года мы все охотно верили, но которые, как мы теперь понимаем, были ложными. Нас не покидает коллективное желание признать свою вину за то, что мы вводили в заблуждение широкие круги образованных людей, распространяя идеи о детерминизме систем, удовлетворяющих законам движения Ньютона, - идеи, которые, как выяснилось после 1960 года, оказались неправильными» (Бетяев, 2006, с.25). Д.Лайтхилл совершил мужественный поступок, доказав общественности, что наука всегда готова пересматривать свои идеи и теории, делая их все более точными и совершенными. Не исключено, что в ближайшем будущем нам придется извиняться за то, что на протяжении длительного времени, используя туманное понятие интуиции, мы создавали искаженную картину интеллектуальной деятельности и тем самым вводили в заблуждение значительное количество людей. Мы внушали им мысль о том, что различие между гениями и простыми индивидами заключается в различном развитии у них интуиции и без каких-либо доказательств утверждали, что это неравенство имеет наследственную (генетическую) основу.

### **Природа человеческой логики**

Рассмотрим основные формы (принципы) умозаключений, характерные для логического мышления. Таких форм не так уж много: это индукция, дедукция и аналогия. Вкратце их можно охарактеризовать следующим образом. Индукция – это вывод о множестве, основывающийся на рассмотрении отдельных (единичных) элементов этого множества. Дедукция – это, наоборот, вывод об элементе, основанный на знании определенных качеств того множества, в состав которого он входит. Аналогия – это вывод об элементе (множестве), переносящий на него свойства другого элемента (множества). Если в индуктивных рассуждениях наша мысль движется от частного к общему, то в дедуктивных выводах – от общего к частному, а в аналогии осуществляется переход (трансляция) от частного к частному. Аналогию часто называют еще переносом (транспонированием, экстраполяцией). Между дедуктивными и индуктивными рассуждениями существует принципиальное различие, которое заключается в следующем. В дедуктивном умозаключении истинность исходных посылок гарантирует истинность финального вывода, а в случае индукции такой гарантии нет: при истинных посылках возможен и ошибочный вывод, поскольку здесь имеет существенное значение не только истинность посылок, то есть достоверность единичных фактов, но и их количество. Если единичных (частных) фактов, которые подвергаются индуктивному обобщению, недостаточно, то существует риск сделать неправильное умозаключение, выдвинуть ошибочную идею. С другой стороны, при достаточном количестве указанных фактов высока вероятность получить вполне достоверный результат (достоверное обобщение). В аналогии истинность посылок также не гарантирует истинности

финального вывода, поэтому многие исследователи относят аналогию к разряду индуктивных способов обработки информации. В качестве исходных посылок в аналогии выступает сходство двух разных объектов в отдельных признаках (качествах), а финальный вывод состоит в предположении о наличии сходства и в других признаках этих объектов. Здесь важны сразу несколько факторов: истинность исходной информации о сходстве, типичность сравниваемых признаков и количество действительно сходных признаков. Описание важного различия между индукцией и дедукцией содержится во многих работах, например, в книге Д.А.Поспелова «Моделирование рассуждений» (1989). В данной книге он отмечает: «Если посылки в дедуктивной схеме выбраны правильно, являются истинными, то получаемые с их помощью заключения не могут быть ложными. Если они нас чем-то настораживают, то надо еще раз проверить истинность посылок. Убедившись в их правоте, ничего не остается делать, как полностью принять следующие из них выводы. Если посылки в индуктивной схеме выбраны правильно, являются истинными, то получаемые с их помощью заключения могут быть как истинными, так и ложными. Та или иная точка зрения на заключения зависит от степени субъективной уверенности в достаточности посылок для получения заключения» (Поспелов, 1989, с.88).

Ввиду того, что в дедуктивных схемах обработки информации каждый шаг практически однозначно определяется предыдущими шагами и столь же однозначно определяет последующие шаги, оказалось возможным формализовать эти схемы, то есть разработать строгое формализованное описание правил корректных рассуждений, основанных на дедукции. Значительных успехов на этом поприще достиг Аристотель, создавший силлогистику – одну из первых моделей дедуктивного построения знания. Силлогистика представляет собой достаточно оригинальную логическую конструкцию, непреходящее значение которой состоит в том, что она послужила образцом для создания ряда известных аксиоматических теорий. В частности, аксиоматическая система Евклида была создана в духе тех принципов построения и исследования дедуктивных систем знания, которые сформулировал Аристотель применительно к силлогистике. Дедуктивная модель Аристотеля отличается относительной простотой, элегантностью, известной степенью самоочевидности устанавливаемых в ней логических законов, которые формулируются почти на естественном языке, без использования сложной символики.

Воздвигнув здание силлогистики, Аристотель пытался сделать нечто аналогичное и для индукции, построить теорию индуктивного силлогизма. Но эта попытка не увенчалась успехом. «Индуктивные рассуждения, - замечает Д.А.Поспелов, - никак не хотели отливаться в ту стройную форму, которая так подошла дедуктивным рассуждениям. Попытки адептов учения Аристотеля исправить, уточнить, расширить понятие индуктивного силлогизма остались тщетными» (Поспелов, 1989, с.87).

Причина, по которой Аристотелю и другим ученым не удалось формализовать индукцию, построить теорию индуктивного силлогизма, достаточно проста. В индукции, как и в аналогии, исходные посылки определяют конечный вывод не однозначно, а с определенной степенью вероятности. В связи с этим указанные формы умозаключений можно отнести к области вероятностной логики, понятие которой вводил еще Джон фон Нейман. Когда ученый, находясь в условиях неполноты информации, недостатка сведений, необходимых для принятия точных решений, использует индуктивные способы аргументации, а также аналогию, его мысль работает в режиме вероятностной логики. Идеи, возникающие благодаря этой логике, как правило, не имеют строгого обоснования, они приобретают его гораздо позже. Вполне возможно, что именно при использовании принципов вероятностной логики (неполной индукции и неполной аналогии) возникает иллюзия разрыва логической последовательности мыслей, прыжка через длинную цепь рассуждений, о которых говорят специалисты. Может ли творец научных или технических идей воздерживаться от применения неполной индукции и неполной (нестрогой) аналогии? Для этого ему пришлось бы ждать появления полного (исчерпывающего) набора экспериментальных данных, подтверждающих его идею, а на это может не хватить и всей его жизни. Кроме того, при

таком ожидании, при отказе от использования стратегий вероятностной логики наука перестала бы развиваться столь стремительно, как это происходит в действительности. Как заметил Ф.Энгельс в книге «Диалектика природы» (1988), «если бы захотели ждать, пока материал будет готов в чистом виде для закона, то это значило бы приостановить до тех пор мыслящее исследование и уже по одному этому мы никогда не получили бы закона» (Ф.Энгельс, 1988).

Несмотря на то, что многие научные открытия возникли на основе индукции и аналогии, в чем мы убедимся позже при рассмотрении истории большого количества научных идей, эти принципы мышления часто не находят адекватной оценки и описания. Даже Д.Пойа, обративший наше внимание на роль правдоподобных рассуждений в творческой деятельности, делал существенные оговорки. В частности, в своей книге «Математическое открытие» он указывает: «...Логика – это дама, стоящая у выхода магазина самообслуживания и проверяющая стоимость каждого предмета в большой корзине, содержимое которой отбиралось не ею» (М.Пойа, 1976).

### **Критика индукции со стороны К.Поппера и М.Бунге**

Серьезной критике индуктивный способ обработки информации подвергся со стороны Карла Поппера. В книге «Объективное знание: эволюционный подход» (2002) он пишет: «Индукция – это безнадежная путаница, а поскольку проблему индукции можно решить хотя и в отрицательном смысле, но, тем не менее, достаточно недвусмысленно, мы можем считать, что индукция не играет никакой органической роли в эпистемологии, или в методе науки и росте науки» (Поппер, 2002, с.88). По мнению Поппера, те правила, которые философы все еще используют как стандартные примеры правил индукции (и надежности) – все ложны, даже когда они являются хорошими приближениями к истине. Подлинной индукции на основе повторения не существует. То, что выглядит как индукция, есть гипотетическое рассуждение, хорошо испытанное, хорошо подкрепленное и согласующееся с разумом и здравым смыслом, но не более. Главной причиной такого отношения Поппера к индукции послужило то, что единичные высказывания, из которых выводятся универсальные законы, не оправдывают и не доказывают эти законы. Сколько бы белых лебедей мы ни наблюдали, наш индуктивный вывод о том, что все лебеди белые, окажется ошибочным, как только мы обнаружим хотя бы одного черного лебедя. Другими словами, истинность исходных посылок не обещает истинности финальных (обобщающих) заключений. Легко заметить, что Поппер хотел бы иметь в своем распоряжении более совершенный инструмент, чем индукцию, которая часто гарантирует лишь вероятность истины. И он отказывается индукции в праве на существование именно потому, что она имеет вероятностную природу, связанную с риском, неопределенностью, неалгоритмичностью. С таким взглядом, однако, трудно согласиться, поскольку нельзя ставить вопрос о существовании объекта в зависимости от того, нравится он нам или нет. Если Поппер готов признать реальность лишь такого метода, который застрахован от ошибок, то такая позиция символизирует не что иное, как веру в универсальный алгоритм, в самом себе содержащий критерии истинности. Как показано выше, возможность такого метода запрещена теоремой Геделя о неполноте.

М.Бунге в книге «Интуиция и наука» (1967) выдвинул против индукции другое возражение, согласно которому она не может быть отработанным и стандартизированным методом обобщения информации, содержащейся в исходных посылках, так как для открытия самих посылок не предусмотрено никакого метода. Конечно, любой способ обобщения исходных посылок находится в прямой зависимости от наличия этих посылок. Причем, для выдвижения новых идей важны не просто какие-либо факты, а факты, которые еще не были предметом рассмотрения ученых. Такие факты добываются в экспериментах. Но исследователи, ставящие эти эксперименты, заранее не знают, как и при каких условиях можно обнаружить новые факты, новые явления. В результате они занимаются последовательным перебором разных вариантов, который иначе называется методом проб и ошибок. Существенную роль при этом играет фактор случая. Таким образом, отвечая на

возражение М.Бунге, следует сказать, что инструментом открытия исходных посылок, из которых выдающиеся ученые делают индуктивные выводы, является метод проб и ошибок и фактор случая. История научных открытий демонстрирует многочисленные примеры, когда новые теории возникали как раз на базе фактов, обнаруженных благодаря фактору случая. Никто не будет спорить с тем, что определенная роль фактора случая присутствует в открытии рентгеновских лучей (В.Рентген, Нобелевская премия 1901 г.), в открытии явления радиоактивности (А.Беккерель, Нобелевская премия 1903 г.), в обнаружении лечебного действия ультрафиолетовых лучей (Н.Финзен, Нобелевская премия 1903 г.), в открытии бесклеточного брожения (Э.Бухнер, Нобелевская премия 1907 г.), в обнаружении условных рефлексов (И.Павлов) и т.д. Ниже приводится таблица, в которой содержится небольшая часть открытий, обусловленных фактором случая.

Таблица 3. Открытия, в которых присутствовал фактор случая

| №   | Наименование открытия   | Автор открытия          | Дата открытия | Источник, в котором указано на случайность открытия           |
|-----|---|-------------------------|---------------|---|
| 1.  | Лейденская банка (конденсатор)                                    | Питер Мушенбрек         | 1745          | В.Карцев, «Приключения великих уравнений» (1986)              |
| 2.  | Способность растений производить кислород                         | Джозеф Пристли          | 1771          | К.Манолов, «Великие химики» (1985)                            |
| 3.  | Закон симметрии кристаллов  | Рене Жюст Гаюи          | 1774          | К.Е.Левитин, «Геометрическая рапсодия» (1976)                 |
| 4.  | Электричество в живых организмах                                  | Луиджи Гальвани         | 1786          | В.Азерников, «Великие открытия» (2000)                        |
| 5.  | Влияние электрического тока на магнитную стрелку                  | Христиан Эрстед         | 1820          | В.Азерников, «Великие открытия» (2000)                        |
| 6.  | Уединенная волна (солитон)  | Скотт Рассел            | 1834          | А.Т.Филиппов, «Многоликий солитон» (1990)                     |
| 7.  | Мозговые центры движения конечностей                              | Г.Фритч                 | 1864          | А.В.Богданов, «Физиология центральной нервной системы» (2005) |
| 8.  | Принцип действия телефона   | Александр Белл          | 1875          | К.В.Рыжов, «100 великих изобретений» (2006)                   |
| 9.  | Принцип записи звука (принцип фонографа)                          | Томас Эдисон            | 1877          | Ю.В.Ходаков, «Как рождаются научные открытия» (1964)          |
| 10. | Невосприимчивость организма к ослабленным микробам куриной холеры | Луи Пастер              | 1878          | В.А.Фролов, «Опередивший время» (1980)                        |
| 11. | Электромагнитные волны  | Генрих Герц             | 1886          | В.Азерников, «Великие открытия» (2000)                        |
| 12. | Функция поджелудочной железы                                      | И.Меринг, О.Минковский  | 1889          | Г.Селье, «От мечты к открытию» (1999)                         |
| 13. | Рентгеновские лучи  | Вильгельм Рентген       | 1895          | В.Чолаков, «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986)     |
| 14. | Радиоактивность солей урана                                       | Анри Беккерель          | 1896          | В.Азерников, «Великие открытия» (2000)                        |
| 15. | Лечебное действие ультрафиолетовых лучей                          | Нильс Финзен            | 1896          | С.А.Блинкин, «Очерки о естествознании» (1979)                 |
| 16. | Бесклеточное брожение   | Эдуард Бухнер           | 1897          | Г.Г.Шлегель, «История микробиологии» (2002)                   |
| 17. | Условные рефлексы   | Иван Павлов             | 1901          | Д.Шульц, С.Шульц, «История современной психологии» (1998)     |
| 18. | Анафилаксия (аллергическая реакция)                               | Шарль Рише, Поль Портье | 1913          | Г.Селье, «От мечты к открытию» (1999)                         |
| 19. | Антибактериальное   | Александр               | 1928          | С.А.Блинкин, «Очерки о  |

|     |  |                              |      |  |
|-----|--|------------------------------|------|--|
|     | действие пенициллина                                     | Флеминг                      |      | естествознании» (1979)                       |
| 20. | Центр удовольствия в мозге крыс                          | Д.Олдс                       | 1952 | В.Леви, «Охота за мыслью» (1971)             |
| 21. | Способность РНК управлять синтезом белка                 | У.Ниренберг                  | 1953 | И.Харгитгаи, «Откровенная наука» (2006)      |
| 22. | Избирательное возбуждение нейронов на зрительные стимулы | Дэвид Хьюбел, Торстен Визел  | 1959 | Д.Гудвин, «Исследование в психологии» (2004) |
| 23. | Звездные объекты пульсары                                | Энтони Хьюиш                 | 1967 | И.Новиков, «Черные дыры и Вселенная» (1985)  |
| 24. | Космическое реликтовое излучение                         | Роберт Вильсон, Арно Пензиас | 1965 | И.Новиков, «Черные дыры и Вселенная» (1985)  |
| 25. | Каталитические свойства РНК                              | Сидни Олтмен                 | 1970 | И.Харгитгаи, «Откровенная наука» (2006)      |

### Критика фактора случая в исследованиях И.Канта и Ж.Адамара

Фактор случая как один из причинных механизмов научного открытия неоднократно критически рассматривался исследователями. Иммануил Кант полагал, что над учеными не должен господствовать опыт, и мы не должны принимать во внимание случайные наблюдения, то есть воспринимать природу как наивные ученики. В своем трактате «Критика чистого разума» Кант утверждает, что наблюдения, произведенные случайно, без заранее составленного плана, никогда не приведут к необходимому закону, который только разум и может открыть. «Разум должен подходить к природе, - пишет Кант, - не как школьник, которому учитель подсказывает все, что он хочет, а как судья, заставляющий свидетеля отвечать на предлагаемые им вопросы» (И.Кант, 1994). Однако приведенная выше таблица случайных открытий плохо вяжется с тем, что человек не является школьником по отношению к природе, а может выступать лишь в роли судьи, осуществляющего допрос природы по заранее разработанному плану. В экспериментальных исследованиях, в которых рождаются научные открытия, всегда возникают незапланированные, не предусмотренные ходом эксперимента обстоятельства. Эти обстоятельства часто заставляют менять направление поиска, и когда на этом направлении удастся получить совершенно новые результаты, последние по своему содержанию оказываются слишком далекими от тех первоначальных целей, которые диктовали необходимость проведения опытов и их финансирования. В данной ситуации от ученого часто требуется своего рода смелость (психологическая готовность) изменить направление движения, перейти в новую область, в которой он не является специалистом и в которой имеющихся у него знаний явно не хватает, где ему придется заново пополнять свой интеллектуальный багаж, подобно школьнику. Впрочем, негативное отношение Канта к случайным наблюдениям в науке легко объясняется его своеобразными эпистемологическими установками: он считал, что человеческий интеллект не заимствует свои идеи и принципы из природы (опыта), а предписывает их ей. В трактате «Пролегомены ко всякой будущей метафизике» Кант говорит следующее: «...Хотя в начале это звучит странно, но, тем не менее, верно, если я скажу: рассудок не черпает свои законы (a priori) из природы, а предписывает их ей» (Кант, 1965, с.140).

Известный математик Ж.Адамар также был уверен, что объяснять отдельные творческие успехи чистым случаем – значит, ничего не объяснять, а утверждать, что существуют явления без причины. Ж.Адамар считал, что понятие случая менее всего подходит для объяснения механизмов продуктивной умственной деятельности А.Пуанкаре, на счету которого слишком много потрясающих по своей новизне и влиянию на развитие науки идей. В книге «Исследование психологии процесса изобретения в области математики» (1970) Ж.Адамар отмечает: «Что же касается Пуанкаре, то если случайностью можно было бы объяснить одно из его гениальных открытий, о котором он говорит в своем докладе (во что я не могу поверить), то как это объяснение согласовать со всеми теми изобретениями, которые он последовательно перечисляет...» (Адамар, 1970, с.23). Ж.Адамар аргументировал, что если признать фактор случая, то придется поверить в способность обезьяны, ударяющей пальцами

по клавишам печатной машинки, случайно набрать полный текст библии. Тем не менее, принимая во внимание то, что известный физиолог 18 века Луиджи Гальвани смог обнаружить так называемое животное электричество в организме лягушки благодаря случаю, Ж.Адамар оговаривается: «Открытие не может быть сделано лишь благодаря случаю, хотя последний может играть в нем некоторую роль, - так же, как неизбежная роль удачи в артиллерии не исключает необходимости для артиллериста наводить, и притом наводить с большой точностью» (Адамар, 1970, с.45). Именно фактор случая лежит в основе явления непредсказуемости новых научных достижений. Один из изобретателей лазеров, лауреат Нобелевской премии по физике Чарльз Таунс в статье «Квантовая электроника и технический прогресс» (УФН, 1969, май) пишет: «Элемент неожиданности – постоянная составная часть технического прогресса, и это как раз то, что невероятно трудно совместить с любым из обычных принципов планирования» (Таунс, 1969, с.160). «Можно ли, - спрашивает Ч.Таунс, - запланировать новую идею и новое, пока еще не известное техническое изобретение? Конечно, нет. Мы не можем доказать, что данное научное направление приведет к новым техническим достижениям, если мы пока не знаем даже сути этих достижений» (там же, с.160).

Трудно понять, почему К.Поппер не увидел важных составляющих научного творчества в индукции и в факторе случая, который обеспечивает логические обобщения исходными посылками (единичными фактами, подлежащими обработке). Ведь он был прекрасно знаком с методом проб и ошибок и всюду подчеркивал, что развитие науки идет по пути проб (создания теорий) и устранения ошибок. В своей концепции эволюционной эпистемологии К.Поппер проводил прямую аналогию между естественным отбором, сохраняющим в биологической эволюции наиболее приспособленные (адаптированные) виды, и отбором научных теорий, которые лучше других интеллектуальных конструкций отражают реальность. В книге «Эволюционная эпистемология и логика социальных наук» (2000) К.Поппер констатирует: «Животные и даже растения приобретают знания методом проб и ошибок или, точнее, методом опробования тех или иных активных движений, тех или иных априорных изобретений и устранением тех из них, которые «не подходят», которые недостаточно хорошо приспособлены. Это имеет силу для амебы (Дженнингс, 1906), и это имеет силу для Эйнштейна» (Поппер, 2000, с.68). Обнаружив аналогию между сформулированным Дарвином механизмом естественного отбора и процессом селекции идей и гипотез в развития научного знания, Поппер почему-то не заметил другую параллель: сходство между механизмом случайного возникновения полезных наследственных изменений в эволюции и ролью фактора случая в научных открытиях. Правда, следует говорить не о случайности теорий, которые представляют собой систему определенных взаимосвязанных идей, а о случайности обнаружения тех новых фактов, которые выступают в качестве исходных посылок этих идей.

История научных открытий демонстрирует, что фактор случая, базирующийся на методе проб и ошибок, является одним из главных поставщиков новой информации, новых сведений в науке. Последние же составляют не что иное, как исходные посылки индуктивных обобщений. Следовательно, можно говорить о такой стратегии научной деятельности, как индукция с фактором случая. Введение понятия индукции с фактором случая дает возможность ответить на вопрос М.Бунге, откуда берется материал для индуктивных обобщений. Одновременно это понятие повышает статус самой индукции, поскольку устраняет пробел, существовавший в наших знаниях о происхождении исходной (первичной) информации для логической обработки.

Анализ индукции с фактором случая показывает, что в большинстве случаев найти новый факт (исходную посылку) гораздо труднее, нежели сделать вывод из этого факта. Например, индуктивный вывод о составной (кварковой) структуре нуклонов базировался на факте глубоко неупругого рассеяния электронов на протонах и нейтронах. Для обнаружения же этого факта потребовалось сначала создать ускоритель элементарных частиц стоимостью 114 миллионов долларов. Это означает, что в данном случае исходная посылка, наводившая на

очень важное заключение, стоила 114 миллионов долларов. Впоследствии ученые, обнаружившие этот факт, Г.Кендалл и Д.Фридман, были удостоены Нобелевской премии. Поиск информации, допускающей неожиданные и весьма ценные обобщения, чаще всего требует колоссальных усилий и времени. Вот почему многие знаменитые ученые и изобретатели определяют гениальность как терпение, труд, упорство, готовность бить в одну точку.

Феномен индукции с фактором случая (равно как и феномен аналогии с фактором случая) ставит под сомнение идею о существовании врожденных задатков таланта и гениальности, показывает бесперспективность поисков генов, определяющих сверхвысокий интеллект. Индукция и аналогия как стратегии обработки информации не содержат в себе процессуальных компонентов, которые были бы доступны одним индивидам и недоступны другим. В ситуации, когда людям предлагается решать задачи, требующие применения указанных принципов мышления, они применяют их, не испытывая каких-либо серьезных трудностей. В науке еще не появилось ни одного исследования, в котором констатировалась бы неспособность людей, наделенных нормальным, здоровым мозгом, индуктивно переходить от частных случаев к общим заключениям или по аналогии переносить определенное решение с одной задачи на другую при наличии сходства между ними. Та же индукция, поскольку она имеет вероятностную природу, то есть в одних случаях генерирует правильные догадки, а в других – ведет по ложному следу, частично объясняет успех одних ученых и неудачу других.

Безусловно, наш мозг и многие его свойства, отличающие нас от других представителей живого мира, формируется за счет реализации генетической программы. В этом смысле интеллект наследуется и в этом же смысле наследуется наша способность к индуктивному мышлению. Но она наследуется таким образом, что оказывается универсальной, то есть характерной для всех представителей вида гомо сапиенс.

### **Об эволюционном происхождении человеческой логики**

В наше время ряд исследователей ставят вопрос о настоящей необходимости изучения проблемы возникновения человеческой логики в ходе биологической эволюции. В частности, развернутое обоснование важности исследования этой проблемы дает В.Г.Редько. В своей книге «Эволюционная кибернетика» (2001) он отмечает: «Проблема принципиальной способности познавать природу – фундаментальная гносеологическая проблема, и она должна быть проанализирована настолько глубоко, насколько это возможно. Логика (в общем смысле: дедуктивная и индуктивная) – наиболее четкая часть «чистого разума», так что наиболее интересная задача, которая должна быть исследована, может быть поставлена в следующей форме: как и почему в процессе биологической эволюции возникли логические системы, обеспечивающие научное познание природы? Для понимания процесса возникновения логики и осмысления того, как и почему в этом процессе появились логические формы, обеспечивающие познание природы, имеет смысл построить модельную теорию эволюционного происхождения человеческой логики» (В.Г.Редько, 2001). В.Г.Редько подчеркивает, что анализ «интеллектуальных изобретений» биологической эволюции и построение теории происхождения логики представляет собой очень интересную и практически нетронутую область для теоретических исследований. По его словам, стремление к естественно-научному обоснованию теории познания, к упрочнению фундамента науки могло бы быть мощным стимулом к исследованию эволюции наиболее интересных, интеллектуальных свойств биологических организмов. «В то время как математическая логика дает ответы на вопросы: «Каковы правила человеческой логики?» и «Как использовать правила логики?», - аргументирует В.Г.Редько, - рассматриваемая здесь пока чисто умозрительно теория происхождения логики могла бы дать ответы на более глубокие вопросы: «Почему правила человеческой логики таковы, каковы они есть?» и «Почему правила логики могут корректно использоваться?» (В.Г.Редько, 2001). «Итак, - резюмирует В.Г.Редько, - есть благородная задача – исследовать процесс эволюционного

происхождения интеллекта, и попытаться разобраться, как в этом процессе возникли логические формы, обеспечивающие научное познание природы. Исследования в этом направлении могли бы способствовать естественно-научному обоснованию теории познания и упрочнению фундамента науки» (В.Г.Редько, 2001).

В поисках биологических корней формальной логики некоторые ученые акцентируют внимание на существовании определенного сходства между дедуктивным выводом как важным компонентом этой логики и условным рефлексом, открытым И.П.Павловым. Сам В.Г.Редько, не настаивая на том, что дедуктивное мышление возникло из условно-рефлекторных связей, также отмечает это сходство. В той же книге «Эволюционная кибернетика» (2001) он пишет: «...Выработку условного рефлекса можно рассматривать как происходящий в нервной системе животного элементарный вывод – «Если за условным стимулом следует безусловный, а безусловный стимул вызывает определенную реакцию, то условный стимул также вызывает эту реакцию» - дальний предшественник одной из основных формул дедуктивной логики: «Если из А следует В и из В следует С, то из А следует С» (В.Г.Редько, 2001). Об аналогии между условным рефлексом и формальной логикой В.Г.Редько пишет также в статье «На пути к моделированию когнитивной эволюции» (Материалы XV международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009): «Перейдем от математики к собаке, у которой вырабатывают классический условный рефлекс. В памяти собаки формируется связь «за УС должен последовать БС» (УС – условный стимул, БС – безусловный стимул). Когда после выработки рефлекса собаке предъявляют УС, то она, «помня» о хранящейся в ее памяти «записи» УС→БС, делает элементарный «вывод» (УС, УС→БС) ⇒ БС и ожидаемое появление БС. Конечно, применение правила *modus ponens* (чисто дедуктивное) математиком и индуктивный «вывод», который делает собака, явно различаются. Но можем ли мы думать об эволюционных корнях логических правил, используемых в математике? Да, вполне можем – умозаключение математика и индуктивный «вывод» собаки качественно аналогичны. При этом результат эволюции – правила логического вывода, используемые в математике, - известны и достаточно хорошо формализованы [1]» (Редько, 2009, с.154).

В настоящее время трудно сказать, насколько справедлива гипотеза о возникновении дедуктивного вывода из условных рефлексов. Ситуация здесь может проясниться только после продолжительных нейрофизиологических исследований, которые покажут биологическую специфику дедуктивных умозаключений, механизмы их реализации на уровне нервных клеток (нейронов) и то общее, что есть между ними и условно-рефлекторными связями. Эволюционные основы человеческой логики можно исследовать другим путем и на совершенно другом материале. Этим материалом могут и должны быть исследования, преследующие цель обнаружить у разных видов животных способность к индуктивному обобщению и аналогии. Как заметил в свое время Р.Л.Грегори в книге «Разумный глаз» (2003), «мы вправе сказать, что дедукция небиологична, поскольку ее не могло быть до появления формального языка. В связи с этим чрезвычайно заманчива мысль об индуктивной природе процесса решения проблем, который сопровождает работу воспринимающего мозга...» (Грегори, 2003, с.204).

Исследованием интеллекта животных, характерных особенностей их психики, благодаря которым они способны решать возникающие перед ними задачи, занимается этология. Эта наука, как и другие научные дисциплины, не развивалась прямолинейно, открывая все новые и новые факты интеллектуальной деятельности животных. В отдельные периоды, когда доминирующим был взгляд о наличии резкой грани между психикой человека и животных, этология не могла похвалиться большим количеством новых результатов. Не будет ошибкой сказать, что ситуация изменилась лишь в последнее время, когда ученые стали преодолевать этот взгляд. По словам З.А.Зориной и И.И.Полетаевой, авторов книги «Элементарное мышление животных» (2002), «проблемы мышления до недавнего времени практически не были предметом отдельного рассмотрения в пособиях по поведению животных, высшей нервной деятельности, а также зоопсихологии. Если же авторы затрагивали эту проблему, то

старались убедить читателей в слабом развитии их рассудочной деятельности и наличии резкой (непроходимой) грани между психикой человека и животных. К.Э.Фабри, в частности, в 1976 году писал: «Интеллектуальные способности обезьян, включая антропоидов, ограничены тем, что вся их психическая деятельность имеет биологическую обусловленность, поэтому они не способны к установлению мысленной связи между одними лишь представлениями и их комбинированием в образы» (Зорина, Полетаева, 2002, с.17).

### **Способность животных к экстраполяции**

Мы начнем рассмотрение с самой простой формы аналогии, впервые возникающей у животных в процессе эволюции, - способности к экстраполяции. Человек, строя прогноз событий на некоторое время вперед, как правило, по аналогии экстраполирует (переносит) динамику изменения этих событий из настоящего в будущее. В этом переносе содержится своеобразное обобщение того, что известно сейчас, на то, что произойдет через какой-то промежуток времени. То же самое способны делать животные. Этот факт обнаружил и внимательно исследовал российский биолог Л.В.Крушинский. Он показал, что способность животных к экстраполяции можно анализировать на примере их способности экстраполировать направление движения раздражителя. Основным экспериментальным подход, разработанный Л.В.Крушинским, состоял в следующем. Животное должно находить кормушку, двигающуюся прямолинейно с постоянной скоростью. Первоначальный отрезок ее движения проходит в поле зрения животного, а затем кормушка скрывается за преградой (ширмой). Животное устремляется к месту выхода кормушки с кормом из непрозрачного коридора. При этом животное определяет изменение положения кормушки, то есть направление ее движения после исчезновения за укрытием. Таким образом, используя свою «систему отсчета», животное экстраполирует направление смещения кормушки с кормом, то есть использует предварительно воспринятую информацию об изменении положения объекта в данной среде для построения логики своего будущего поведения. Тесты на экстраполяцию, предъявлявшиеся животным разного филогенетического уровня, выявили способность многих из них решать эту задачу. Экстраполяция, реализуемая животными, представляет собой простейшую форму вероятностного прогнозирования, при котором осуществляется предвосхищение будущего на основе опыта и информации о наличной ситуации. Исследования Л.В.Крушинского показали, что способность к экстраполяции имеется у животных многих видов: хищных, млекопитающих, дельфинов, врановых птиц, черепах, крыс-пасюков, мышей некоторых генетических групп. Не удалось обнаружить эту способность у животных, стоящих на низкой ступени филогенетического развития: рыб, амфибий, кур, голубей, большинства грызунов. Эти животные обходили ширму (преграду) чисто случайно. Л.В.Крушинский изучал также структуры мозга, ответственные за экстраполяцию у разных видов животных. Давая общую оценку работ Л.В.Крушинского в этой области, З.А.Зорина и И.И.Полетаева в книге «Элементарное мышление животных» (2002) отмечают, что с помощью теста на экстраполяцию, который позволяет давать точную количественную оценку результатов его решения, впервые была дана широкая сравнительная характеристика развития зачатков мышления у позвоночных всех основных таксономических групп, изучены их морфофизиологические основы, некоторые аспекты формирования в процессе онто- и филогенеза, то есть практически весь круг вопросов, исследование которых необходимо для всестороннего описания поведения. «Способность к экстраполяции, - пишут указанные авторы, - представляет собой относительно универсальную когнитивную функцию, в той или иной степени доступную широкому диапазону видов позвоночных, начиная с рептилий. Таким образом, самые первые и примитивные биологические предпосылки мышления человека возникли на ранних этапах филогенеза позвоночных» (Зорина, Полетаева, 2002, с.253).

### **Интеллектуальные способности птиц**

Значительный вклад в понимание сложных психических функций птиц внес брат В.Келера, коллега и единомышленник одного из основателей этологии К.Лоренца Отто Келер (1889-1974). О.Келер исследовал широкий круг проблем поведения животных, но основную известность получили его опыты по обучению птиц «счету», а точнее – оценке и оперированию количественными, и в особенности числовыми параметрами стимулов. При планировании своих опытов Келер исходил из предположения, что на доречевом уровне у животных существует способность количественно сравнивать группы одновременно предъявляемых предметов и оценивать число следующих друг за другом раздражителей независимо от ритма их предъявления. Базируясь на этом предположении, Келер провел эксперименты, которые подтвердили его гипотезу. В своих опытах Келер заставлял птиц делать выбор по образцу, что само по себе трудная задача, доступная главным образом высшим обезьянам. Подопытному попугаю, галке или вороне предъявляли карточку с определенным количеством точек и обучали открывать коробку с тем же числом точек на крышке независимо от их цвета, формы и взаимного расположения, которые постоянно меняли. Отдельных птиц удавалось научить решать все варианты используемых задач. В ходе этих опытов Келер обнаружил высокую способность птиц к обобщению количественных параметров стимулов, позволяющую узнавать любые стимулы, состоящие из определенного числа элементов. В опытах Келера (1956) попугаи и вороны, сформировав обобщение об определенном числе единиц, могли узнавать не только любое соответствующее множество одновременно предъявляемых зрительных стимулов, но и такое же число последовательно действующих звуковых сигналов. Наряду с этим они могли применить его, когда требовалось совершить столько действий, сколько элементов было изображено на образце. Благодаря работам О.Келера «счет» у животных сделался такой же моделью для изучения зачатков мышления, как орудийная и конструктивная деятельность. Эксперименты Келера подвергались критике по поводу недостаточно высокого уровня контроля. Однако повторение их с помощью видеоизмененных методик, включающих компьютерный контроль за выполнением экспериментов, подтвердило полученные ранее результаты. Так, в одном из экспериментов голубей учили в камере Скиннера клевать один из двух ключей с нанесенными на них точками. Количество точек различалось лишь на одну. Если они клевали ключ с большим числом точек, то получали вознаграждение, а с меньшим – наказание (в камере выключали свет и опыт на короткий период прекращали). Голуби оказались способны отличать множества в пределах 7-ми точек.

Похожие исследования провел Уилсон с соавторами (1985). Для изучения способности птиц к обобщению по признаку «сходство» Уилсон с коллегами сначала обучал галок выбору по образцу стимулов (предметов) разного цвета, а в тесте на перенос использовал карточки, поверхность которых была покрыта разным типом штриховки. Оказалось, что в этом случае галки справились с тестом на перенос при первых же предъявлениях новых стимулов. Это означает, что у них произошло обобщение признака «сходство», они смогли сформировать единое правило выбора, общее для разных категорий признаков. Они абстрагировались от конкретных особенностей стимулов. Галки, решившие тест на перенос при первых же предъявлениях, выбирали образец не по частному правилу «сходство по цвету», а по более отвлеченному правилу «сходство вообще», применимому к любым стимулам.

Способность птиц к обобщению числовых параметров среды исследовалась З.А.Зориной и А.А.Смирновой. В качестве объектов исследования выступали вороны. При этом ученые использовали несколько методик, направленных не на выработку определенной реакции на конкретный стимул, а на выделение общего для разных стимулов признака и формирование отвлеченного правила выбора. Они исходили из того, что если при первых же предъявлениях новых стимулов животное легко решает задачу, значит, оно усвоило такое правило и способно к обобщению. Полученные данные позволили им сделать вывод, что не только у высших приматов, но и у некоторых птиц довербальное мышление достигло в своем развитии того промежуточного этапа, который, по мнению Л.А.Орбели, позволяет использовать

символы вместо реальных объектов и явлений и который в эволюции предшествовал формированию второй сигнальной системы. З.А.Зорина и А.А.Смирнова обнаружили у ворон способность выявлять аналогию между разными стимулами в условиях, когда между последними не было никакого физического сходства, но один из стимулов соответствовал образцу по соотношению размера, формы или цвета составляющих элементов. Понятие довербального мышления ввел еще О.Келер. З.А.Зорина трактует довербальное мышление как стадию развития психики животных, когда на основе процессов обобщения и абстрагирования у них могут формироваться довербальные понятия – информация о свойствах предметов и явлений, хранящаяся в памяти в более или менее отвлеченной форме. Довербальное мышление животных определяет их способность к переносу правильных выборов на более широкий диапазон стимулов, в том числе стимулов других категорий и других модальностей. Пример формирования у животных довербальных понятий - опыты Уилсона (1985), в которых галки, обученные выбору по образцу, давали правильные ответы на новые стимулы совершенно другой категории (не цвет, а разные типы штриховки). Подробное описание экспериментов З.А.Зориной и А.А.Смирновой, в которых анализируется способность птиц к «счету» и обобщению, содержится в их статье «Умеют ли вороны считать?» (журнал «Природа», 2001, № 2).

Известно, что у человека за способность к счету отвечают некоторые области коры головного мозга, в частности нижнетеменная. Коль скоро птицы тоже способны считать, следует признать, что функция счета выполняется у них иными структурами мозга. Этот вывод подсказывается тем, что мозг птиц устроен иначе, чем у высших млекопитающих. Отсюда видно, что фундаментальные свойства интеллекта способны реализовываться у разных видов животных с самой разной архитектурой нервной системы.

### **Интеллект морских млекопитающих (дельфинов)**

Характерные особенности высокоорганизованного поведения дельфинов исследовались В.Келлогом и Ш.Райсом (1966). В целях выяснения возможностей дельфинов к переносу опыта было выбрано 12 пар фигур, которые дельфин различал в результате обучения; 10 пар других комбинаций тех же фигур предъявлялись дельфину в качестве новых тестовых задач для различения. В тестовых парах обе фигуры, только положительную или отрицательную, поворачивали на 90 или 180°, а в ряде опытов заменяли на другие. Дельфин выбирал положительную фигуру независимо от угла ее поворота и сочетания в паре с другой отрицательной фигурой, а также при замене положительного треугольника на круг. Результаты проведенных экспериментов продемонстрировали способность дельфинов к некоторым формам обобщений, сопоставимым, по мнению авторов, с таковыми у обезьян. Здесь поясним, что положительный стимул – это стимул, за выбор которого животное получает вознаграждение, а отрицательный стимул – за выбор которого он не получает его. Несмотря на некоторые методические погрешности, работа В.Келлога и Ш.Райса остается одним из наиболее интересно задуманных и тщательно выполненных исследований способности дельфинов к сложным видам обучения дифференцированию геометрических фигур и переносу навыка для выявления отношений между стимулами. Решение дельфинами сложных задач по дифференцированию типа «выбора по образцу» и вычленение положительной фигуры при пробах на инвариантность (изменение ее положения) показывают, что дельфины, как и обезьяны, способны к обобщениям. Такие формы обобщений уже Л.А.Фирсов (1972) рассматривал как «модель элементарной абстракции». В ряде экспериментов (Адлер, Адлер, 1982) дельфинам была предложена задача выбора по образцу в несколько измененной (нестандартной) форме – в форме «смены принципа выбора». У дельфинов вырабатывался условный положительный рефлекс на белый квадрат определенного размера, предъявляемый над водой, а затем им предлагалось выбрать этот положительный стимул из четырех других квадратов. В первом варианте опыта они выбирали его среди четырех белых квадратов разного размера, во втором – из четырех квадратов такого же размера, но разных оттенков. Адлеры экспериментировали с двумя дельфинами

афалинами. Оба дельфина с высокой степенью надежности справились с обоими вариантами этой задачи. Авторы исследования вполне обоснованно заключили, что их эксперименты демонстрируют достаточно высокий уровень познавательных способностей дельфинов афалин. Н.Л.Крушинская и Т.Ю.Лисицына в книге «Поведение морских млекопитающих» отмечают: «Исследование возможности выработки у дельфинов наличного и отсроченного выбора по тождеству сигналов выявило у них способность к решению этих задач того же уровня, что и у обезьян. Процесс образования выбора по тождеству сигналов осуществляется животными не на основе жесткой системы «сигнал-реакция», а путем обобщения одного или нескольких признаков раздражителя. Такая форма обобщений у животных классифицируется исследователями как «интеллектуальные формы поведения» (Н.Л.Крушинская, Т.Ю.Лисицына, 1983).

Наиболее убедительные доказательства того, что дельфинам (афалинам) доступны операции обобщения и переноса, представлены в работах А.П.Надолишной, проведенных совместно с Ю.Д.Стародубцевым и другими учеными. Результаты своих исследований А.П.Надолишняя изложила в диссертации «Способность черноморских дельфинов афалин к обобщению по относительным признакам» (2007). В автореферате данной диссертации А.П.Надолишняя пишет: «В результате проведенных исследований впервые получены данные о способности дельфинов афалин формировать в условиях «свободного выбора» обобщенные правила решения задач, основанные на оперировании относительными пространственными признаками «средний» и «верхний», и применять сформированные правила в новых ситуациях. На основе разработанного приема исследования получены оригинальные данные о способности дельфинов к поиску и обозначению двух одинаковых или подобных стимулов в наборе из трех и четырех предметов. Разработанная система тестов позволила выявить способность дельфинов афалин к высокому уровню обобщения – формированию представлений «среднее положение предмета в группе», «верхнее положение предмета в группе», «одинаковость по форме», «подобие», а также к формированию довербального понятия «одинаковость вообще». Полученные данные о способности дельфинов афалин усваивать отвлеченные правила решения задач при использовании только одного набора стимулов и применять сформированные правила к широкому диапазону ситуаций согласуются с результатами, полученными на человекообразных обезьянах» (Надолишняя, 2007, с.4). А.П.Надолишняя работала с несколькими дельфинами, одного из которых звали Мак. Вот что она говорит о нем: «Дельфин оказался способен к переносу ранее сформировавшегося правила выбора стимулов по относительному признаку «одинаковость» (по форме, размеру, материалу) в ситуацию экстренной необходимости выбора стимулов по подобию – одинаковой формы, но разных размера и материала. Этот же дельфин оказался способен к переносу правила выбора двух одинаковых по форме предметов в ситуацию экстренной необходимости выбора двух стимулов, одинаковых по размеру» (там же, с.17). По свидетельству А.П.Надолишной, то, что даже при предъявлении натуральных стимулов (рыбы) трое из шести экспериментальных дельфинов в первом опыте теста совершали выбор, руководствуясь усвоенным ранее правилом, говорит о высокой степени абстрагирования и обобщения, позволившей животным отвлечься даже от таких значимых абсолютных признаков, как «пища», и «объект охоты». Достоверный выбор двумя дельфинами среднего из пяти предметов после решения ими разнообразных задач с предъявлением трех предметов говорит о том, что животные руководствовались представлением о среднем положении предмета в группе и свидетельствует о высоко развитой способности черноморских дельфинов афалин к обобщению по относительному признаку. «Результаты решения дельфинами тестовых заданий с применением нового набора стимулов и с изменением взаиморасположения предметов базового набора, - поясняет А.П.Надолишняя, - показали, что усвоенное на одном наборе стимулов правило оказалось в достаточной степени отвлеченным, и оно было использовано животными в новых ситуациях. Это согласуется с полученными ранее экспериментальными данными о том, что дельфины, как и человекообразные обезьяны,

могут усваивать отвлеченное правило выбора по образцу и переносить его на новые стимулы после обучения только с одним-двумя наборами стимулов» (Надолишняя, 2007, с.19).

### **Когнитивные аспекты поведения обезьян**

Когда Аристотель назвал обезьяну смешной копией человека, а Карл Линней, создатель современной классификации растений и животных, поместил человека и приматов в один отряд, они явно не догадывались, насколько они правы. По-видимому, об этом не догадывался и Чарльз Дарвин, когда говорил, что человек произошел от обезьяны. Объем информации о сходстве различных признаков человека и шимпанзе, которая была известна этим деятелям науки, не идет ни в какое сравнение с тем объемом информации, которая известна сейчас. На наш взгляд, в последнее время исследованы и описаны наиболее существенные признаки, сближающие человека и других представителей отряда приматов, - способность к принятию решений на основе индукции и аналогии. Каковы эволюционные (биологические) истоки логических схем познавательной деятельности? Откуда взялась человеческая логика? Ответ прост настолько, что немного настораживает: эта логика возникла из интеллекта обезьян, из их способности к операциям обобщения и переноса, которые составляют наиболее важные качества интеллекта вообще, а не только психики животных. Вопрос, поставленный В.Г.Редько в его книге «Эволюционная кибернетика» (2001): как в процессе эволюции появились логические формы, обеспечивающие научное познание природы? - получает свое естественное разрешение!

Первые экспериментальные исследования, показавшие наличие у шимпанзе операций обобщения и абстрагирования, провела Н.Н.Ладыгина-Котс (1913, 1923). Она работала с шимпанзе по имени Иони, который прожил в ее семье два с половиной года. Благодаря возможности постоянно наблюдать за Иони был впервые описан поведенческий репертуар молодого шимпанзе, включающий его игровую, исследовательскую и конструктивную деятельность. Особое значение имели наблюдения особенностей восприятия и обучаемости животного. Иони обнаружил способность к наглядно-действенному мышлению, к обобщению нескольких признаков и использованию понятия о тождестве (сходстве) стимулов. Последнее он применял не только в ситуации эксперимента, но и в повседневной жизни. Таким образом, Н.Н.Ладыгина-Котс получила первое экспериментальное доказательство наличия у человекообразной обезьяны способности к обобщению. Это позволило ей говорить о мышлении животных, которое она характеризовала как элементарное. Кроме того, Н.Н.Ладыгина-Котс (1925) обнаружила у приматов способность к кроссmodalному переносу (переносу правила выбора на стимулы другой модальности). Ученые рассматривают такой перенос как одно из доказательств наличия у животных мысленных представлений о свойствах предметов и событий окружающего мира. В одном из экспериментов Н.Н.Ладыгина-Котс показывала детенышу шимпанзе, который успешно освоил выбор по сходству, образцы – фигурки разной формы. При этом предметы, с которыми следовало сравнивать образец, были спрятаны в мешок. Их он должен был выбирать на ощупь, засунув в него руку. Обезьяна успешно выполнила этот тест. Таким образом, при таком кроссmodalном переносе обезьяна смогла сопоставить информацию, полученную через разные сенсорные каналы (зрение и осязание), и установить соответствие стимулов. Другими словами, обезьяна проявила умение сопоставлять признаки разных категорий.

У шимпанзе была обнаружена способность к манипулированию символами. Американские этологи А.Гарднер и Б.Гарднер (1966) установили, что шимпанзе могут связывать тот или иной жест с соответствующим ему предметом или действием, что ранее казалось исключительной прерогативой человека. Супруги Гарднер смогли приобщить обезьяну по имени Уошо к великому искусству использования знаков благодаря тому, что последовательно, шаг за шагом обучали ее амслену – американскому языку жестов. Как указывает Е.Панов в статье «У порога языка» (журнал «Знание-сила», 1979, № 7), «успехи Уошо превзошли самые смелые надежды Гарднеров. Чуть больше, чем за три года обучения, шимпанзе научилась пользоваться в разговорах со своими воспитателями 132 знаками

американского жестового языка и, кроме того, оказалась способной понимать несколько сот других знаков, с которыми ее собеседники обращались к ней. Первая стадия обучения обезьяны состояла в том, что ее различными способами заставляли связывать представление о том или ином предмете, о его качествах или о каких-либо действиях с «названиями» этих предметов и явлений, выраженных в жестовых знаках. Чтобы ускорить запоминание, воспитатель показывал Уошо предмет или действие, одновременно придавая рукам шимпанзе конфигурацию, соответствующую знаку в языке глухонемых. Например, Уошо показывали шляпу, а ее руку поднимали вверх и несколько раз прикасались ладонью обезьяны к ее макушке. Проходили дни, и наступал такой момент, когда при виде шляпы шимпанзе уже сам мог повторить жест похлопывания раскрытой ладонью по своему темени» (Е.Панов, 1979).

Известный американский лингвист Н.Хомский, считавший, что владеть и пользоваться языком могут только люди, употребил весь свой немалый авторитет, чтобы доказать несостоятельность программы по обучению обезьян языку жестов. Его коллега Г.Террей сам стал работать с шимпанзенком, будучи уверенным, что он не «заговорит», если не навязывать ему обучения ни в какой форме. Детеныша назвали соответственно – Ним Чимпски (что было похоже на английское звучание имени Хомского). Но Ним проявил редкую настойчивость и любознательность, выпытывая у Террея: «Что это?» В результате шимпанзенок сам научился с помощью знаков выражать эмоции, сообщать о предметах вне поля зрения и не связанных с выживанием – все это признаки языка. Террей был вынужден признать, что эксперимент опроверг его собственные представления. В результате Н.Хомский пересмотрел свою концепцию, признав языковые способности антропоидов.

Овладение знаками расширило возможности Уошо в реализации операций обобщения и переноса (транспонирования). Обезьяна, обученная слову «слушать» на примере тиканья наручных часов, очень быстро обобщала смысл этого слова и начинала использовать его по отношению к другим звукам. Об этих и других подобных обобщениях-переносах сообщает Б.В.Якушин в статье «Шимпанзе на дороге к храму языка», которая является послесловием к книге Ю.Линден «Обезьяны, человек и язык» (1981). «Естественно, - отмечает он, - что самыми распространенными были переносы, основанные на ассоциации по сходству (генерализации). Так, Уошо знаком «слышу» (указательный палец касается уха) обозначала любой сильный или странный звук, а также ручные часы, когда просила дать их послушать; знаком «собака» (похлопывание по бедру) она обозначала как само животное, так и его изображение на рисунке. Перелистывая однажды иллюстрированный журнал, она обнаружила изображение тигра и сделала знак «кошка». Интересны переносные употребления знаков на основе сходства объектов в некотором качестве. Служитель Джек долго не обращал внимания на просьбы Уошо дать ей пить. Тогда она прежде чем просигналить обращение к нему, стала ударять тыльной стороной ладони по подбородку, что означало «грязный». Получалась последовательность знаков: «Грязный Джек, дай пить», и «грязный» было употреблено не как «запачканный», а как оскорбительное ругательство. Если этот факт описан корректно, то перенос значения «грязный» с предмета на человека на основе не навязанной обезьяне ассоциации по ощущению неприятного следует признать довольно тонким» (Б.В.Якушин, 1981). Ситуация, в которой Уошо придумала и использовала последовательность знаков «Грязный Джек, дай пить», расценивается как пример переноса (аналогии) в мышлении шимпанзе и другими исследователями. В частности, Ж.И.Резникова в статье «Язык животных: подходы, результаты, перспективы» (книга «Языки науки – языки искусства», 2004) констатирует: «Обезьянам оказались доступны переносы значений знака, иногда довольно тонкие. Так, Уошо назвала служителя, долго не дававшего ей пить, «Грязный Джек», и это слово явно было употреблено не в смысле «запачканный», а как ругательство; шимпанзе называли также бродячего кота «грязным котом», а гиббонов – «грязными обезьянами» (Ж.И.Резникова, 2004). Другой пример удивительных обобщений значения знаков, которые демонстрировала Уошо – перенос жеста «открыть, открой» в разные ситуации, совершенно не связанные с той обстановкой (контекстом), в которой впервые был усвоен и применен этот жест. Д.Гудолл в книге «Шимпанзе в природе» (1992)

отмечает: «Уошо и другие шимпанзе, обучавшиеся языку, были способны обобщать употребление жестов, перенося их из контекста, в котором они были выучены, в новые, не вполне подходящие ситуации. Уошо, выучившая жест открывать в применении к дверям, стала использовать его и в тех случаях, когда хотела бы открыть тот или иной сосуд, холодильник или даже водопроводный кран» (Д.Гудолл, 1992). Этот факт привлек внимание и Е.Панова, который в уже упомянутой статье «У порога языка?» раскрывает наиболее интересное свойство разумного поведения шимпанзе, с которой работали супруги Гарднеры: «Замечательно здесь другое – а именно способы использования Уошо уже заученных ею знаков. Дело в том, что, усвоив тот или иной знак в обстановке некой конкретной ситуации, обезьяна начинает расширять (как говорят психологи, обобщать) его значение, вполне разумно пользуясь таким знаком в ситуациях, все менее и менее сходных с первоначальной. Например, знак «открыть, открой», обращенный к воспитателю, сначала выражал просьбу Уошо открыть крышку ящика с игрушками. Вскоре она стала пользоваться этим сигналом и в тех случаях, когда ей хотелось открыть запертую дверь. Наконец, обезьяна самостоятельно научилась применять тот же знак, когда ей хотелось пить, и она сигнализировала тренеру, чтобы он «открыл» кран» (Е.Панов, 1979).

Широкое внимание привлекли исследования американского зоопсихолога Дэвида Примака (Примэка), который обучил шимпанзе по имени Сара использованию пластиковых жетонов. Эти жетоны в жизни Сары играли роль таких же элементов языка, как жесты для шимпанзе по имени Уошо. Сара без всякого принуждения освоила 120 символов, нанесенных на пластиковые жетоны, и с их помощью изъяснялась, позволяя экспериментаторам зафиксировать ее рассуждения. Д.Примак (1983) рассматривал способность к построению аналогий как базовую характеристику индуктивного мышления человека и считал необходимым выяснить, есть ли зачатки этой когнитивной функции у животных. В опытах на шимпанзе Саре использовалась не методика выбора по образцу, а другой способ сравнения. Ей предъявляли две пары стимулов, а она оценивала их с помощью специальных значков «одинаковый» или «разный». Сара делала это успешно не только при выяснении аналогий в соотношении элементов в парах геометрических фигур, но и при оценке предметов разного назначения, не имевших никакого внешнего сходства. В одном из опытов ей показывали замок и ключ, рядом располагали банку с гуашью, между ними помещали хорошо знакомый Саре знак тождества, а для выбора предлагали консервный нож и кисть – предметы, которыми она также умела пользоваться. В этом случае она без колебаний выбрала консервный нож, потому что он выполнял функцию, аналогичную ключу – тоже «открывал» (банку). Однако когда ей продемонстрировали лист бумаги и карандаш, предложив выбрать из тех же двух предметов «подходящий» для банки с гуашью, Сара столь же уверенно указала на кисть, которая по своим функциям в данном сочетании была аналогична карандашу. На основании своих опытов Д.Примак пришел к заключению о способности обезьян к построению аналогий. Результаты исследований этого ученого, особенно эксперименты, убедительно продемонстрировавшие наличие у шимпанзе развитой способности к проведению аналогий, описываются во многих работах. Эти эксперименты названы классическими. А.А.Смирнова и З.А.Зорина в книге «О чем рассказали «говорящие обезьяны» (2006) пишут об этих опытах Д.Примака (Примэка): «Некоторым видам, по крайней мере, антропоидам, доступно выполнение и еще одной операции логического вывода – построения аналогий. Этот вид индуктивного мышления впервые исследовал также Д.Примэк (Premack, 1983; Gillan et al. 1981). Как и тест на транзитивное заключение, он входил в разработанную Примэком программу изучения тех высших когнитивных функций антропоидов, которые, по его предположениям, могли быть связаны с усвоением языка-посредника. Эксперимент, где впервые была продемонстрирована способность шимпанзе к выявлению аналогий, давно стал классическим. Его проводили с шимпанзе Сарой, которая была второй после Уошо обезьяной, овладевшей небольшим запасом знаков. В частности, в ее лексикон входили «слова» одинаковый, тождественный и разный. В одном из опытов (рис.11) ей показывали замок и ключ, рядом (симметрично замку) ставили банку с гуашью, а

между ними помещали знак тождества, оставив свободное место рядом с ключом. Для выбора ей предлагали консервный нож и кисть – предметы, назначение которых она хорошо знала. В этом случае Сара уверенно выбирала нож, который выполнял ту же функцию, что и ключ, – тоже открывал банку. В следующем опыте ей продемонстрировали лист бумаги и карандаш и предложили выбрать из тех же двух предметов то, что составляет аналогичную пару с банкой гуаши; она уверенно выбрала кисть, которая по своим функциям в данном сочетании была аналогична карандашу. Сара успешно выполнила целый ряд таких тестов на «функциональную аналогию»... (А.А.Смирнова, З.А.Зорина, 2006).

До последнего времени считалось, что только человек наделен репрезентационными способностями, то есть развитой символической функцией, которая позволяет ему воспроизводить действительность во всей ее полноте и освобождать действие от рабского подчинения «здесь и теперь». Исследователи полагали, что приматы, лишенные развитого интеллекта, развитых ментальных репрезентаций, не в состоянии действовать в режиме «как если бы». Однако опыты большого количества приматологов показали, что обезьянам свойственны зачатки операциональных структур, обеспечивающих способность манипулировать в уме отдельными элементами впечатлений, знаний, образов. Обнаружено даже наличие у шимпанзе воображения, представлений о событиях и ситуациях, не имеющих место в данный момент времени. Одним из первых способность животных манипулировать в уме выявил американский зоопсихолог Р.Футс, работавший с шимпанзе по имени Люси. Ж.И.Резникова в статье «Современные подходы к изучению языкового поведения животных» (сборник статей «Разумное поведение и язык», выпуск 1, Москва, 2008) отмечает: «Обезьяны оказались не только способными к образованию сложных ассоциативных цепочек, но и овладели одним из ключевых свойств человеческого языка – перемещаемостью: способностью сообщать о событиях, не находящихся в поле зрения и не совпадающих по времени с моментом, когда ведется рассказ. Именно это свойство позволяет накапливать жизненный опыт. Одно из первых наблюдений в этом плане касается Люси: когда ее разлучили с любимой собакой, которую понадобилось лечить, она постоянно повторяла ее имя и что той больно» (Резникова, 2008, с.319). Наличие воображения у приматов было обнаружено американским этологом Ф.Паттерсон (1980) в долгосрочном эксперименте. Ф.Паттерсон работала с гориллой по имени Коко, освоившей язык жестов. В ходе наблюдений удалось установить, что горилла Коко аналогично маленьким детям, говорящим вслух, жестикулировала сама с собой, обращаясь к игрушкам. М.Л.Бутовская в статье «Человек и человекообразные обезьяны: языковые способности и возможности диалога» («Зоологический журнал», 2005, том 84, № 1) рассказывает о горилле Коко: «Если эти ее действия замечали воспитатели, она приходила в явное замешательство, быстро бросала игрушку и начинала заниматься чем-то другим. Запротоколирован следующий любопытный случай в 1976 г. Коко разыгрывала воображаемую социальную ситуацию между двумя игрушечными гориллами, розовой и голубой. Посадив игрушки перед собой, она сделала жест «плохой-плохой» к розовой горилле и жест «поцелуй» в направлении голубой игрушки. Потом показала жесты «гоняться щекотать» и ударила игрушки друг о друга. Затем она соединила игрушки, изображая их взаимную борьбу. После завершения воображаемой схватки Коко показала «хороший горилла, хороший, хороший» (Паттерсон, 1980)» (М.Л.Бутовская, 2005).

У обезьян обнаружена способность осознавать (детектировать) свои или чужие ошибки и исправлять их. Другими словами, наши ближайшие эволюционные предшественники могут выявлять (фиксировать) ситуацию рассогласования текущей деятельности с той моделью, которая хранится в их памяти. Приведем несколько характерных случаев, свидетельствующих о наличии у приматов способности детектировать ошибочные действия. В одном из опытов В.Келера (1925) обезьяну Чики пытались обучить пользоваться составной палкой. Уже обученный к тому времени примат по имени Султан внимательно наблюдал за происходящим. Когда стало ясно, что Чика абсолютно не понимает, что от нее требуется, экспериментатор отдал обе палки Султану. Тот взял палки, вставил одну в другую, но не стал

есть плод сам, а ленивым движением подтолкнул плод к находившейся у решетки Чике. Этот случай, по мнению Келера, ясно показал, что Султан способен рассматривать задание, которое нужно выполнять, с точки зрения другого животного. Султан также явно «сопереживал», когда другая обезьяна, Грандэ, плохо справлялась с постройкой пирамиды, «внутренне» принимая участие в строительстве, но не из симпатии к Грандэ, а потому, что он лучше умел строить и его «внутренний» процесс не согласовывался с тем, что он видел. Здесь шимпанзе по имени Султан обнаружил рассогласование между несовершенными действиями другой обезьяны и той моделью, которой его обучили.

Д.Рамбо и С.Рамбо (Румбо) разработали формализованный язык – посредник «йеркиш», используемый как контролируемое средство общения с обезьяной. «Словами» этого языка служили значки на клавишах компьютера (лексиграммы), которые появлялись на мониторе, когда обезьяна нажимала на клавишу. Процесс обучения происходил как диалог обезьяны с компьютером, а не с человеком. Это обстоятельство представлялось весьма существенным. Оно исключало возможность невольных «подсказок» со стороны экспериментатора. Оно препятствовало также слепому подражанию обезьяны действиям человека, которое предположительно могло играть роль в усвоении амслена (языка жестов). Первая обезьяна, овладевшая этим языком, - шимпанзе Лана – научилась главным образом тому, чтобы нажимать на соответствующую клавишу компьютера для получения нужного ей предмета. Ключевой момент, говорящий о наличии у Ланы способности детектировать ошибки состоит в том, что Лана, выстраивая лексиграммы на мониторе в соответствующем порядке, уверенно задавала вопросы и по собственной инициативе исправляла замеченные ошибки. Эти опыты Д.Рамбо и С.Рамбо описаны в книге З.А.Зориной и И.И.Полетаевой «Элементарное мышление животных» (2002), а также в статье Н.Ю.Феоктистовой «Обучение животных человеческим языкам – возможно ли это?» (газета «Биология», 2001, № 13).

Известному зоопсихологу Р.Футсу удалось наблюдать, как шимпанзе Люси принуждала других выполнить правильное действие, что само по себе свидетельствует о способности этих животных выявлять ошибки и дожидаться их исправления. В одном из опытов, который больше был похож на игровую ситуацию, Люси отняла у Р.Футса часы и не отдавала их до тех пор, пока он не называл правильно этот предмет. Аналогичный случай наблюдали супруги Гуго ван Лавик и Джейн Гудолл при исследовании поведения шимпанзе Уошо, овладевшей языком жестов. Уошо постоянно пыталась обучить новым жестам своего приемного сына. Однажды, увидев приближавшегося человека с плиткой шоколада, Уошо принялась с важным видом расхаживать на двух ногах по вольеру, и, оцетинившись, в сильном волнении изображать жест «пища». Шимпанзе Лулис, которому в то время было всего 18 месяцев, пассивно наблюдал за происходившим. Внезапно Уошо подошла к нему и, взяв его руку, сложила ее в жест «пища» (пальцы, указывающие на рот).

Зоопсихолог К.Бош (1998) наблюдал, как шимпанзе – мать в присутствии детеныша раскалывала орехи нарочито медленно: «показывая», как это делается. При этом она специально следила за направлением взгляда детеныша и прекращала действия, когда тот отводил взгляд от ее рук. В обычных ситуациях («для себя») взрослые шимпанзе выполняют эти движения с такой скоростью, что за ними трудно уследить. У человекообразной обезьяны есть понимание того, что у детеныша отсутствуют определенные нужные ему знания, и она предпринимает специальные действия, чтобы эти знания передать. Известно, что мартышковые обезьяны, являющиеся представителями низших обезьян, не делают попыток «исправить» неверные действия малыша, так же как все низшие узконосые обезьяны не делают этого и при использовании орудий. Шимпанзе же, обучающая малыша искусству раскалывать орехи, следила за его действиями и при появлении отклонений (ошибок) старалась устранить их. Здесь мы имеем не что иное, как работающую с той или иной степенью эффективности систему детекции ошибок.

Е.Мензел (1974) описывает, как шимпанзе женского пола по имени Белл, которой показали местонахождение спрятанной пищи, пыталась разнообразными и все более изощренными способами утаить ее от доминантного самца Рока, который неминуемо забрал

бы всю пищу себе. Рок быстро разгадывал хитрости Белл. Он научился даже идти в противоположном направлении, когда самка пыталась увести его от пищи. Поскольку Белл порой выжидала, пока Рок отвернется, он научился разыгрывать отсутствие всякого интереса к пище. Иногда небольшой кусочек пищи прятали отдельно от основных запасов. В этом случае шимпанзе Белл приводила Рока к этому кусочку и, пока он ел его, бежала к главному тайнику. Когда же Рок разгадал и эту уловку Белл и стал не спускать с нее глаз, она пришла в ярость. В поведении Белл мы обнаруживаем попытку обмануть своего сородича Рока, а в действиях самого Рока – удивительную способность выявить этот обман, то есть детектировать ложные паттерны (ложные действия и ложную информацию). Ведь прежде чем обмануть, то есть сообщить кому-либо ошибочную информацию, мозг должен сначала детектировать ее как ошибочную. Следовательно, зоопсихологические данные, показывающие способность приматов обманывать, одновременно свидетельствуют о способности животных детектировать ошибки.

Исследователи, которые критически рассматривали достижения зоопсихологов в обучении шимпанзе языку жестов, указывали, что «говорящие» приматы не понимают порядок слов, то есть не владеют синтаксисом. Учитывая это обстоятельство, Ю.Линден обратил внимание на то, что шимпанзе Люси (с которой работал Роджер Футс) постоянно использует правильный порядок слов в таких трехсловных комбинациях, как, например, «Роджер щекотать Люси». Увидев, что Люси несколько раз предложила Роджеру пощекотать ее, Ю.Линден задумался над тем, что произойдет, если Р.Футс скажет: «Люси щекотать Роджер». По просьбе Ю.Линдена Р.Футс поставил опыт, сутью которого было предъявление обезьяне измененного порядка слов. Р.Футс повернулся к Люси и сказал: «Люси щекотать Роджер». Люси в это время сидела рядом с Роджером на кушетке. Мгновение она выглядела озадаченной, но потом быстро ответила: «Нет, Роджер щекотать Люси». Опыт показал, что Люси правильно интерпретирует различие между такими вариантами, как «Роджер щекотать Люси, я щекотать ты» и «ты щекотать я, Люси щекотать Роджер». Это говорило о том, что шимпанзе способна понимать структуру предложения. Ее мозг первоначально оценивал предложение «Люси щекотать Роджер» как ошибочное. Трудно не увидеть аналогию данной ситуации с исследованиями С.Медведева и других сотрудников Института мозга (г.Санкт-Петербург), в которых было обнаружено, что нейроны определенных структур мозга человека генерируют электрические сигналы в ответ на предъявление неправильной фразы типа «голубой лента».

Эти наблюдения, показывающие способность приматов выявлять ошибки и исправлять их, позволяют говорить, что нейронный детектор ошибок, обнаруженный Н.П.Бехтеревой у людей (1968), существует не только у человека, но и у животных, наиболее близко стоящих к нам на филогенетической лестнице. Другими словами, имеющиеся в мозге человека популяции нейронов, реагирующие только на ошибочную реализацию деятельности, должны быть и у обезьян. Детектор ошибок человека, который активируется при рассогласовании деятельности с ее планом (нервной моделью), скорее всего, достался ему именно от высокоорганизованных животных. Предполагаемое нами наличие у приматов нейронного детектора ошибок (нейронного цензора), выполняющего функцию контроля различных параметров оптимальной психической (мыслительной) деятельности, может быть еще одним фундаментальным свойством, сближающим нас с нашими эволюционными предшественниками.

Итак, у человекообразных обезьян в той или иной степени присутствуют элементы всех наиболее сложных когнитивных функций человека: обобщения, абстракции, усвоения символов, детекции ошибок, преднамеренности коммуникаций и самоузнавания. М.Л.Бутовская в статье «Человек и человекообразные обезьяны: языковые способности и возможности диалога» («Зоологический журнал», 2005, том 84, № 1), подводя итоги исследования интеллекта приматов, пишет: «Уошо и другие обезьяны, участвующие в проекте «Говорящие обезьяны», отчетливо продемонстрировали способность к категориальному мышлению. Они правильно распределяли группы предметов по категориям

(овощи, фрукты, напитки). Обыкновенные шимпанзе, бонобо и гориллы легко пользовались принципом обобщения, применяя знакомые жесты в новых ситуациях. Так, Уошо знак «открыть», исходно выученный применительно к дверям, применяла к холодильнику, водопроводу, сосудам с напитками» (М.Л.Бутовская, 2005). По свидетельству М.Л.Бутовской и других специалистов, язык «говорящих обезьян» обладал семантической и двойственностью: они оперировали абстрактными символами, имеющими определенное значение и строили различные конструкции на базе таких символов. Проект «Уошо» отчетливо продемонстрировал, что шимпанзе способны мыслить категориально, понимают функции и возможности символической коммуникации и способны формировать символические представления.

Для нас, авторов настоящей работы, важно, что серия проектов «говорящие обезьяны» сыграла исключительную роль для понимания того, откуда взялась человеческая логика, для устранения сомнений в том, что мозг человекообразных обезьян наделен механизмами обобщения (индукции) и переноса (аналогии) как способов переработки информации. «Чело­векообразные обезьяны, - пишет М.Л.Бутовская в той же статье, - в состоянии по собственному почину создавать новые понятия путем комбинирования известных им знаков, мыслить по аналогии и категориально, употреблять метафоры» (М.Л.Бутовская, 2005).

### **Решение проблемы, поставленной В.Г.Редько**

Повторим мысль В.Г.Редько, высказанную им в работе «Эволюционная кибернетика» (2001): «Итак, есть благородная задача – исследовать процесс эволюционного происхождения интеллекта, и попытаться разобраться, как в этом процессе возникли логические формы, обеспечивающие научное познание природы. Исследования в этом направлении могли бы способствовать естественно-научному обоснованию теории познания и упрочнению фундамента науки» (В.Г.Редько, 2001). В свете рассмотренных исследований этологов и зоопсихологов становится ясно, что логические формы, составляющие основу мышления человека, эволюционно возникли из элементов этих форм, имеющих у приматов и других высокоорганизованных животных. Если говорить о генах, обеспечивающих способность животных к операциям обобщения и переноса, то это достаточно консервативные гены, поскольку человека от организмов, у которых впервые в эволюции появляются эти способности, отделяют миллионы лет. Как уже указывалось, консервативность генов, определяющих операции обобщения и переноса, объясняют универсальность человеческой логики, ее наличие практически у всех людей, наделенных здоровым мозгом. Следовательно, многочисленные психологические тесты, разработанные для выявления биологических различий между людьми по уровню развития интеллекта, фиксируют не биологические различия, а разный уровень эрудиции, разный уровень владения той информацией, которая необходима для успешного решения тестовых задач.

### **Дополнительные аргументы против положения о генетической детерминации таланта**

Когда итальянский психиатр Ч.Ломброзо формулировал представление о том, что гениальность, будучи своеобразным отклонением интеллекта от нормы, весьма похожа на определенный род психического расстройства, он совершенно проигнорировал процессуальные аспекты мышления гениев, их обычную человеческую логику, включающую те же принципы переработки информации, которые используем мы в своей повседневной практике. Когда Ф.Гальтон пытался доказать свое предположение о наследственной обусловленности таланта, анализируя родословные выдающихся деятелей науки, искусства, спорта, военного дела, юриспруденции и т.д., он не принимал во внимание те же самые факты. Процессуальные аспекты мышления не рассматривал и С.Берт, приводивший множество данных о том, что однойцевые близнецы, даже воспитываясь в разных семьях и не общаясь друг с другом, вырастают примерно с одинаковым уровнем интеллекта и в дальнейшем добиваются приблизительно одинаковых успехов. С.Берту и его последователям,

включая современных энтузиастов исследования однояйцевых близнецов, необходимо проанализировать, имеются ли какие-либо различия между однояйцевыми (монозиготными) близнецами и разнойяйцевыми (дизиготными) близнецами по уровню развития у них обычной человеческой логики, по уровню развития операций обобщения и переноса. Можно заранее утверждать, что им не удастся обнаружить эти различия, поскольку логика универсальна, свойственна всем людям. В своей книге «Генетика интеллекта» (2004) В.П.Эфроимсон использует в качестве доказательства наследственной природы творческих успехов гениев эксперимент физиолога Ф.Фогеля. Этот ученый провел электроэнцефалографирование 30 пар однояйцевых близнецов и установил, что в слепом опыте, взяв ЭЭГ одного из близнецов, можно безошибочно выбрать из всех 59 других ЭЭГ электроэнцефалограмму его партнера. Об этих же исследованиях Ф.Фогеля, преследовавших цель показать колоссальное сходство ЭЭГ монозиготных (МЗ) близнецов, пишет И.В.Равич-Щербо в книге «Психогенетика» (2006), подготовленной совместно с Т.М.Марютиной и Е.Л.Григоренко. «Уже в первых исследованиях, - отмечает И.В.Равич-Щербо с соавторами, - было обнаружено поразительное сходство спектров относительной мощности ЭЭГ МЗ близнецов. Конфигурации спектров МЗ близнецов оказались так же похожи, как и первичные записи ЭЭГ. У ДЗ (дизиготных, разнойяйцевых – Н.Н.Б.) близнецов, напротив, спектры оказались похожи не более, чем спектры ЭЭГ неродственников. Таким образом, первые результаты дали основание считать, что индивидуальные особенности спектров относительной мощности ЭЭГ в значительной степени обусловлены генотипом» (Равич-Щербо и др., 2006, с.315). Но В.П.Эфроимсон не ставил перед собой вопроса, ответ на который мог бы существенно изменить его выводы относительно природы гениальности. В частности, В.П.Эфроимсон не пытался ответить на вопрос: влияют ли индивидуальные характеристики электроэнцефалограмм (ЭЭГ) людей – причем, не важно, близнецов или не близнецов – на их способность мыслить логически, то есть на их умение пользоваться операциями обобщения и переноса. Давайте хотя бы на миг представим, что могло бы произойти, если бы особенности биоэлектрической активности мозга, индивидуальные для каждого человека, влияли на его логическое мышление. В этом случае мы получили бы следующий результат: интеллекту того или иного человека оказались бы доступны одни правила (принципы, процедуры, методы) логической обработки информации и недоступны другие правила той же логики. В этом случае школьные учителя могли бы сталкиваться на уроках с парадоксальными ситуациями: ученики, которых просили индуктивно обобщить те или иные факты, легко справлялись бы с этой задачей, но не могли бы провести аналогию между объектами, похожими в отдельных признаках, и наоборот. Или, например, школьник, демонстрирующий четкость и ясность дедуктивной аргументации, вдруг оказался бы неспособным реализовать обратную процедуру – движение мысли от частного к общему. Никто не фиксировал подобных парадоксов, поэтому нет сомнений, что ЭЭГ не влияет на общий паттерн человеческой логики, на общую способность логической обработки информации. И.В.Равич-Щербо с соавторами, подчеркивая в указанной книге зависимость ЭЭГ от генетических факторов, имеет преимущества перед В.П.Эфроимсоном: она не делает из этого факта тех выводов, которые делает автор «Генетики гениальности». Напротив, она обращает внимание на многочисленные данные о значительной пластичности нервной системы. «Пластичность как свойство, - пишет И.В.Равич-Щербо, - существует на всех иерархических уровнях организации нервной системы (клеточном, структурно-функциональном, а также на уровне мозга и организма как целостной системы). Благодаря этому свойству нервная система, ее отдельные составляющие и организм в целом приобретают способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды. Благодаря пластичности нервная система способна фиксировать элементы нового опыта, т.е. «обучаться» (Равич-Щербо и др., 2006, с.284). Далее И.В.Равич-Щербо приводит три примера пластичности нервной системы. Первый пример касается влияния внешней среды (потоков информации) на работу быстрых генов немедленного действия, которые запускают процессы памяти и мышления на уровне нейронов. «В экспериментах на животных, - констатирует И.В.Равич-Щербо, - показано, что существуют гены (быстрые гены немедленного действия),

которые обладают способностью быстро реагировать (т.е. изменять уровень своей экспрессии) в ответ на изменения внешней среды. В обычных условиях экспрессия большинства ранних генов осуществляется на низком уровне. При помещении животных в новую среду, при обучении их новым навыкам или при отсутствии привычных и ожидаемых событий происходит очень быстрое и значительное усиление экспрессии быстрых генов немедленного действия в нервной системе» (там же, с.284).

Второй пример состоит в селективной стабилизации синапсов в онтогенезе. Мы полагаем, что термин «селективная стабилизация синапсов» не вполне удачен. Более подходящим мог бы быть термин «селективный рост и модификация синапсов». Ведь когда лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине Джеральд Эдельман формулировал теорию о селекции нейронов, способных эффективно осуществлять когнитивные функции памяти и мышления, под влиянием информационных сигналов, поступающих в эти нейроны, он говорил не о стабилизации нейронов, а об их конкуренции. Д.Эдельман указывал, что группы нейронов соревнуются друг с другом в попытке создать эффективные нейронные ансамбли, способные обеспечить оптимальную мыслительную деятельность. Впрочем, дело не в терминах, а в самом факте образования синапсов (связей между нейронами) под влиянием приобретаемого опыта. «Существуют убедительные доказательства того, - отмечает И.В.Равич-Щербо, - что важнейшее звено в формировании сетей нейронов – образование синапсов – зависит от качества приобретаемого опыта. Способность нейронов реагировать на внешний опыт связана с особым явлением – сверхпродукцией синапсов. Количество синапсов, которые формируются в нервной системе в раннем онтогенезе, заведомо превышает число реально требующихся для проведения и обработки информации в ЦНС. Можно полагать, что избыточные синаптические образования «конкурируют» за ограниченное постсинаптическое пространство и синапсы, которые не используются, разрушаются. Вследствие этого после периода сверхпроизводства синапсов обязательно наступает уменьшение их числа, но не случайное, а обусловленное средовыми воздействиями. В то же время сохраняются и стабилизируются именно те синапсы, которые «несут нагрузку». Таким способом в формирующейся нейронной сети создается окончательный рисунок межнейронных контактов. Следовательно, именно средовые воздействия модифицируют свойства нейронных сетей, обеспечивая их адаптивную настройку» (Равич-Щербо и др., 2006, с.285). Таким образом, получили признание и подтверждение эксперименты американских ученых М.Розенцвейга, Э.Беннета и М.Даймонд (1972), показавших, что животные, выращенные в активно стимулирующем окружении, по развитию и биохимическим особенностям мозга отличаются от животных, выращенных в условиях с низкой информационной стимуляцией.

Третий пример пластичности нервной системы, приводимый И.В.Равич-Щербо, - эффект приобретенного опыта. «Длительная работа нейронов и нейронных сетей в устойчиво повторяющихся условиях деятельности, - поясняет И.В.Равич-Щербо, - может вызвать морфофункциональные изменения нейронов. Оказалось, что у взрослого человека влияние специфического опыта можно обнаружить на уровне отдельных нейронов» (там же, с.286). Далее отечественный психогенетик подчеркивает, что формирование дендритов (коротких отростков нейронов) усиливается при обучении: «Так, например, была установлена положительная связь между сложностью ветвления дендритов в корковом центре речи (зона Вернике) и уровнем образования. У корковых нейронов людей, получивших высшее образование, ветвление дендритов более сложное, чем у людей, закончивших школу, у последних, в свою очередь, дендритное «дерево» было сложнее, чем у тех, кто не закончил школу» (там же, с.286).

Учитывая приведенные примеры пластичности нервной системы, а также универсальность логики, обусловленную консервативностью генов, определяющих интеллектуальные операции обобщения и переноса, можно по-новому оценить рассуждения известного отечественного философа Э.В.Ильенкова, который отстаивал мысль о наличии способностей к творческой деятельности у каждого человека. Если раньше доводы

Э.В.Ильенкова о том, что процесс формирования мозговых механизмов протекает под достаточно жестким контролем со стороны социально зафиксированных условий жизнедеятельности, могли показаться результатом незнания закономерностей биологии и генетики, то сейчас их следует воспринимать как вполне разумные и соответствующие результатам последних исследований. Утверждение Э.В.Ильенкова о том, что функция (заданная форма жизнедеятельности) может выступать в роли причины определенной структуры органа, его морфологических и функциональных характеристик, подтверждается нейробиологическими данными о том, что образование синапсов головного мозга зависит от качества приобретаемого опыта. Обнаружение учеными положительной связи между сложностью ветвления дендритов в корковом центре речи и уровнем образования также свидетельствует о справедливости точки зрения Э.В.Ильенкова. Можно только присоединиться к его аргументации, когда он говорит, что было бы ошибкой надеяться найти в данных генетики или нейрофизиологии ответ на вопрос, получится ли из того или иного нормального новорожденного при нормальных культурно-социальных условиях Моцарт или Рафаэль, Пушкин или Эйнштейн. В статье «Психика и мозг» (журнал «Вопросы философии», 1968, № 11) Э.В.Ильенков подчеркивает: «Очень худо, если мы возложим на нейрофизиологию обязанность определять (да еще на основании генетического кода!), по какой именно «социально-биографической траектории» надлежит направлять младенца: какому уже с колыбели предписать карьеру музыканта, какому - математика, а какому – космонавта, кого пустить в балерины, кого в портнихи» (Э.В.Ильенков, 1968). «С нашей точки зрения, - полемизирует Э.В.Ильенков с приверженцами противоположных взглядов, - все люди, родившиеся с биологически нормальным мозгом (а «норма» включает в себя и предполагает ту самую индивидуально-неповторимую «вариабельность», про которую много говорит Д.И.Дубровский), в потенции талантливый, способны, одарены. И если до сих пор «талант» и «одаренность» кажутся редкостью, исключением из правила, то в этом повинна не матушка-природа, а совсем иные обстоятельства...» (Э.В.Ильенков, 1968).

Мы уже говорили о том, что в силу универсальности человеческой логики у биологов практически нет шансов обнаружить какие-либо генетические различия по уровню владения этой логикой между здоровыми людьми (не важно, будем мы при этом использовать однояйцевых или разнаяйцевых близнецов, или вообще откажемся от их использования). Другими словами, универсальность логики делает бесперспективными попытки обосновать генетическую природу психологических различий между индивидами с помощью результатов изучения однояйцевых близнецов даже в тех случаях, когда анализируется сходство их ЭЭГ. С учетом этих данных Э.В.Ильенков недалек от истины, когда в статье «Несомненное и сомнительное в размышлениях Э.Майра» (журнал «Природа», 1974, № 9) он констатирует: «Именно изучение однояйцевых и разнаяйцевых близнецов, на которых чаще всего ссылаются сторонники гипотезы о генетической обусловленности психических особенностей, дает основание полагать, что роль врожденных сходств и различий между близнецами неуклонно уменьшается с возрастом, или, точнее говоря, с усложнением форм жизнедеятельности и соответствующих им психофизиологических механизмов» (Э.В.Ильенков, 1974). «...Именно близнецы, - говорит Э.В.Ильенков, - на которых так охотно ссылаются сторонники гипотезы о прямой генетической обусловленности высших психических функций, свидетельствуют о неправомерности попыток установить непосредственную связь исходного биологического материала с особенностями психофизиологии, возникающими на его основе в ходе жизнедеятельности, всецело определяемой условиями культурно-исторической среды. Совершенно очевидно, что максимально сходный биологический материал может послужить основой для возникновения максимально несходных психических образований так же легко, как, наоборот, очень далекие друг от друга по генотипу индивидуумы могут стать очень близкими по типу психики, по характеру и уровню развития психических способностей» (Э.В.Ильенков, 1974). Как мы уже отмечали, Э.В.Ильенков высоко оценивал результаты педагогической работы И.А.Соколянского и А.И.Мещерякова, которые на протяжении длительного времени

занимались воспитанием детей, лишенных слуха, зрения и речи, в специальной школе-интернате, расположенной в подмосковном Загорске. Эти результаты привели Э.В.Ильенкова к выводу, что научно организованный процесс воспитания даже при полном отсутствии слуха и зрения может вывести ребенка на путь полнокровного человеческого развития и сформировать в нем не только психику вообще, но и психику самого высокого порядка, открыв ему доступ ко всем сокровищам человеческой духовной культуры и воспитав из него всесторонне развитого, по-настоящему талантливого человека. Э.В.Ильенков вполне обоснованно называл ходячим предрассудком положение о том, что лишь меньшинство населения земного шара обладает мозгом, от рождения способным к творческой работе. В статье «Становление личности: к итогам научного эксперимента» (журнал «Коммунист», 1977, № 2) он говорил об этом положении: «Этот наукообразный предрассудок, обряженный цифрами статистики, разукрашенный терминами генетики и физиологии высшей нервной деятельности и «учеными» рассуждениями о врожденных «церебральных структурах», якобы заранее предопределяющих меру талантливости человека, просто-напросто клеветнически взваливает на природу (на гены) вину за крайне неравное распределение условий развития между людьми в классовом обществе. Это просто-напросто проекция процента, выражающего известную пропорцию в сфере наличного разделения труда (а тем самым и способностей), на экран ни в чем не повинной биологии» (Э.В.Ильенков, 1977). Подобные взгляды находят в современной науке все большее признание. Ученые исходят из того, что практически нет прямого соответствия между геном и первичным биохимическим проявлением его функции (т.е. синтезом кодируемого им белка) и влиянием этого гена на поведение. Непосредственное проявление гена и его влияние на психологические особенности человека разделены рядом промежуточных процессов, которые, в свою очередь, находятся под влиянием множества самых разнообразных факторов, в том числе средовых. Б.В.Величковский во 2-ом томе книги «Когнитивная наука» (2006) указывает: «Несмотря на расшифровку генома человека и быстрое развитие психогенетики, имеющиеся данные о врожденных способностях чрезвычайно противоречивы. Вполне возможно, что в случае таланта речь идет о псевдопонятии, за которым кроется длительное, продолжающееся десятилетиями обучение» (Величковский, 2006, с.249).

Помимо обучения как социального фактора, талант зависит также от внешнего окружения и в другом смысле. Не секрет, что одно и то же научное открытие, одно и то же творение искусства может быть причислено к рангу гениальных, а может попросту остаться незамеченным в зависимости от установок, идеалов и представлений конкретного общества. Один из примеров этого феномена – невозможность удостоить Нобелевской или какой-либо другой значимой премией каждого выдающегося ученого, поскольку этих премий не хватает на всех. Мы уже отмечали этот факт, но дополнительно укажем, что в ряде случаев для популяризации своих идей и открытий необходима систематическая публикация работ, в которых излагаются эти открытия. В свою очередь, эта публикация порой требует финансовых средств или других ресурсов, которыми располагает отнюдь не каждый исследователь. С учетом этих обстоятельств следовало бы понимать талант (одаренность) уже не как свойство самого индивида как отдельной самостоятельной единицы, а как некое новое качество, возникающее в контексте взаимодействия индивида с его конкретным социальным окружением. Тот факт, что присуждение различных премий ученому влияет на его известность, а сама известность приводит к тому, что ученому в ряде случаев начинают приписывать открытия, которых он не совершал, рассматривался основателем синергетики Г.Хакеном. Этот факт был выявлен до него науковедом Р.Мертоном, который дал ему название «эффект Матфея». Указанный эффект отражает достаточно простую (хотя и парадоксальную) ситуацию: известному ученому часто ставят в заслугу те открытия, которые совершал не он, а менее известные творцы науки. Отмечены также случаи, когда ученому в англоязычной стране приписывали открытие, сделанное учеными, не говорящими на английском языке.

Крупный российский математик В.И. Арнольд проанализировал ситуацию неадекватной оценки творчества отдельных ученых в своем очерке «Что такое математика?» (2008). Он выразил эту ситуацию в виде принципа: «Известный «эпонимический принцип» состоит в том, что если какой-либо объект (например, Америка) носит чье-то имя, то это – не имя первооткрывателя» (Арнольд, 2008, с.12). Один из приводимых Арнольдом примеров, подтверждающих этот принцип, – тот факт, что теория бифуркации фазового портрета системы создана отечественным математиком А.А. Андроновым, но носит название теории Э.Хопфа.

Г.Хакен в книге «Тайны природы» (2003), рассматривая обнаруженный науковедом Р.Мертоном эффект Матфея, замечает: «В Новом Завете, в Евангелии от Матфея, говорится: «Ибо, кто имеет, тому дано будет и приумножится; а кто не имеет, у того отнимется и то, что имеет». Стоит только какому-то имени выделиться, как оно все чаще и чаще начинает упоминаться разными авторами и по разным причинам; это происходит до тех пор, пока оно, в конце концов, не останется единственным упоминаемым в этой связи именем. Эффект этот в значительной степени усиливается за счет премий, особенно если это премии известные. Ученых в мире много, а потому новые результаты часто бывают получены одновременно разными учеными независимо друг от друга. Однако если один из ученых будет награжден за это открытие премией, то велика вероятность того, что именно его будут в дальнейшем цитировать, и именно ему будут приписаны все последующие открытия в данной области – включая и те, к которым он не имел ни малейшего отношения» (Хакен, 2003, с.276). Касаясь того же вопроса о зависимости степени известности того или иного ученого от различных социальных факторов, Р.Стернберг в статье «Учись думать творчески!» (сборник «Основные современные концепции творчества и одаренности», 1997) подчеркивает: «...В действительности креативность не является объективно существующим явлением. То, что понимается под креативностью, есть процесс взаимодействия личности и окружения, в котором личность живет и работает. Один и тот же продукт может получить признание в какое-то определенное время или в определенном месте и остаться незамеченным при других обстоятельствах» (Р.Стернберг, 1997).

### **Метод историко-научной реконструкции**

Чтобы понять, как выдающиеся люди делают открытия, на основе каких процедур и правил они выдвигают новые идеи, необходимо изучать историю науки, историю научных открытий. В свою очередь, чтобы анализировать исторические факты, раскрывающие процесс возникновения новых идей, необходимо использовать метод историко-научного исследования. В исторической науке этот метод получил название метода историко-научной реконструкции. При всех специфических моментах данного способа исследования, то есть при наличии своеобразных инструментов обработки материала, характерных для него, метод историко-научной реконструкции в своих существенных чертах ничем не отличается от общепризнанных и доказавших свою эффективность методов научного исследования. В чем специфика объекта исторического познания? Многие специалисты отмечают в качестве этой специфики то обстоятельство, что историк в целом лишен возможности изучения объекта познания путем его непосредственного наблюдения или воспроизведения присущих ему черт и свойств в эксперименте. Другими словами, историк не имеет возможности подвергнуть свои воззрения на те или иные события прошлого, которые он изучает, критической экспериментальной (опытной) проверке и, опираясь на полученные данные, безжалостно отбросить неверные представления. Однако нельзя воспринимать данное обстоятельство как ограничение, налагаемое на объективность результатов исторического исследования, как препятствие для достоверного воспроизведения событий прошлого.

Возьмем примеры из физики и биологии. В 1948 году известный физик Георгий Гамов выдвинул гипотезу о существовании реликтового излучения с температурой 5 кельвинов, образовавшегося на ранних стадиях эволюции Вселенной, когда составляющее ее вещество занимало минимальный объем, и было чрезвычайно горячим. Возможно ли экспериментально

проверить эту гипотезу Гамова, то есть воспроизвести процесс, в котором Вселенная, оказавшаяся в состоянии коллапса, становится источником термоядерных реакций и того излучения, которое названо реликтовым? Прямое экспериментальное воспроизведение такого процесса невозможно, можно лишь сослаться на то, что нечто аналогичное происходит в недрах звезд или в экспериментах, связанных с решением проблем управляемой термоядерной реакции. Тем не менее, ученые разделяют теорию Гамова, считая, что она адекватно отражает историю Вселенной, тем более, что реликтовое излучение обнаружено экспериментально. Таким образом, физики не могут поставить критический эксперимент, доказывающий модель Гамова, но, тем не менее, считают ее верной и достигающей уровня тех идей, за которые дают Нобелевскую премию.

Другой пример. В 1971 году лауреат Нобелевской премии по химии Манфред Эйген (1971) выдвинул гипотезу о том, что возникновение жизни на Земле стало возможным благодаря образованию сложных каталитических ферментных гиперциклов, имеющих многочисленные петли обратной связи и устойчивых к широкому диапазону внешних воздействий. Эту гипотезу он обосновывал аналогией со своими лабораторными исследованиями каталитических гиперциклов. Кроме того, М.Эйген постулировал существование конкуренции и отбора на уровне каталитических ферментных циклов с обратными связями. Исходной посылкой (наводящим аргументом) для него при этом служила аналогия с дарвиновским механизмом отбора наиболее приспособленных живых организмов. Можно ли получить прямое экспериментальное доказательство того, что жизнь на Земле возникла именно таким способом? Нет, нельзя, так как мы не можем «перекрутить» ленту времени на несколько миллиардов лет назад и посмотреть, что происходило на ней в момент зарождения жизни. У нас нет также возможности посмотреть, при каких условиях возникает жизнь на других планетах. Но мы можем (или, по крайней мере, когда-нибудь сможем) промоделировать этот процесс в лаборатории, повторить его уже в наше время. Несмотря на отсутствие экспериментального воспроизведения, модель М.Эйгена представляется верной и многие ученые ее разделяют.

Эти примеры показывают, что отсутствие прямого экспериментального воспроизведения еще не свидетельствует об ошибочности того или иного представления, а в нашем случае – историко-научной реконструкции. Отдельное событие прошлого, изучаемое историком, можно смоделировать в лаборатории задним числом точно так же, как физики или биологи моделируют в лаборатории задним числом различные физические и биологические явления, имевшие место в отдаленные времена. Например, серьезные усилия предпринимаются для того, чтобы в лабораторных условиях воспроизвести процесс возникновения биологических видов на основе генетических мутаций, но пока подобное прямое подтверждение теории эволюции Дарвина не получено. Если мы знаем, что ученый сформулировал новую идею на основе аналогии с каким-либо другим научным результатом или путем индуктивного обобщения единичных фактов, полученных другими исследователями, то мы можем воспроизвести этот творческий процесс рождения идеи в лаборатории. Достаточно взять исходные посылки, которыми пользовался выдающийся ученый минувшего времени – автор идеи, и предложить их в качестве условий теста (задачи) ныне живущим людям. Именно такой работой занимался Герберт Саймон, когда он предлагал своим испытуемым решить задачу вывода общей формулы излучения, которую однажды вывел Макс Планк. Мы уже сообщали о том, что в эксперименте Г.Саймона пятеро из восьми ученых, участвовавших в опыте, на основе двух формул: формулы Вина и формулы Рэля-Джинса вполне самостоятельно вывели универсальную формулу Планка менее чем за десять минут. Мы говорили о том, что этот эксперимент позволил взглянуть на творчество как на последовательное и поступательное движение по пути решения проблемы, доступное каждому человеку. Этот эксперимент показывает также возможность экспериментального моделирования событий прошлого, что важно знать исследователю, применяющему метод историко-научной реконструкции.

Часто замечают, что события прошлого не могут восприниматься путем непосредственного чувственного контакта с ними. Однако следует учитывать, что не только прошлое, но и многие другие явления объективной реальности не могут восприниматься путем непосредственного чувственного контакта с ними. Более того, непосредственно человек может получить информацию при взаимодействии с весьма ограниченной частью объективной реальности. Например, человек не может непосредственно зрительно, без использования сложных приборов, воспринимать атомы и субатомные частицы, он судит о них по таким эффектам, как дифракция, интерференция, поляризация. Подобно этому, историк судит о действиях тех или иных исторических личностей по тем документальным источникам, которые оставили их современники. Важно учитывать следующий момент. То, что однажды стало исторической информацией, зафиксированной в исторических источниках, первоначально являлось информацией, необходимой для удовлетворения практических (а также духовных) потребностей. Это в равной степени относится и к законодательству, и к правовым актам, фиксировавшим и регулировавшим те или иные отношения, и к личной переписке, и к мемуарам, которые преследовали цель самовыражения и самоутверждения личности. Источники – основные носители информации, эмпирическая база для историка. Как физик черпает информацию из эксперимента и наблюдения, так историк извлекает ее из источников. Для получения достоверной информации о микрообъектах физик должен устранить искажающее воздействие самих приборов на результаты эксперимента. Точно так же историк должен вычленил из источников достоверные сведения о прошлом. В обоих случаях требуется провести критический анализ. В итоге в сознании физика формируется репрезентация определенного физического явления, обусловленная показаниями приборов, то есть без непосредственного чувственного контакта ученого с объектом познания. Такая же репрезентация складывается и у историка на основе информации, извлеченной из источников. «Таким образом, - пишет И.Д.Ковальченко в книге «Методы исторического исследования» (1987), - отсутствие у историка непосредственного контакта с прошлым не лишает его связи с этим прошлым и не препятствует чувственному восприятию его. Тем самым и историческое познание, как и все его другие виды, имеет отражательный характер и подчинено общим принципам и закономерностям научного познания» (Ковальченко, 1987, с.101).

Многие исследователи подчеркивали реконструктивный характер исторического анализа. Но это свойственно далеко не только историческому познанию, как утверждается во многих работах по теории и методологии исторического исследования. Такая реконструкция имеет место везде, где информация, необходимая для чувственного восприятия объекта познания и формирования его образа, поступает не в результате непосредственного восприятия черт и свойств объекта органами наших чувств, а иными путями. «В этом смысле, - замечает И.Д.Ковальченко, - вся информация об объектах познания, полученная в экспериментах посредством всякого рода приборов и приспособлений и зафиксированная тем или иным способом, является реконструированной. И вообще, всякое познание, коль скоро оно состоит в отражении сознанием черт и свойств объективной реальности, является реконструктивным» (Ковальченко, 1987, с.104). Знание о мире, необходимое человеку для овладения им, получается в результате реконструкции этого мира в сознании людей. Неправомерное приписывание этой черты исключительно историческим работам ставит их в особое, существенно отличное от других исследований положение, что не соответствует действительности.

Эмпирической базой ученого, изучающего историю научных открытий, являются научные тексты прошлого – книги, журнальные статьи, отчеты о работе лабораторий, переписка ученых, рукописи и черновики, автобиографические очерки и воспоминания. Высказывалось мнение, что тексты опубликованных работ, т.е. основной массив историко-научных источников, призваны рассказать не о том, как именно автор пришел к своему новому результату, а показать степень обоснованности этого результата и его согласованность с другими знаниями, уже признанными достоверными. В связи с этим

делается вывод, что письменные источники сплошь и рядом направляют историка науки в его поисках ответа на вопрос «как возникла новая идея?» по ложному пути. Отмечается также, что сам автор научного текста, то есть сам исследователь, сделавший то или иное открытие, если бы историк науки имел счастье пообщаться с ним без посредников, не всегда может и хочет дать необходимые сведения. Насколько справедлива такая точка зрения? Безусловно, она основана на том, что в текстах ряда научных работ действительно нельзя найти информации о том, как было сделано открытие, как было найдено правильное решение определенной научной проблемы. Причин тут несколько. Одна из них связана с изначальной установкой некоторых творцов науки и техники на то, чтобы излагать свои идеи и результаты в строгой дедуктивной форме, в готовом, завершенном виде, когда убираются все «леса, позволившие воздвигнуть здание». При анализе таких текстов у читателя неизбежно возникает впечатление (ошибочное впечатление!), что новые идеи были получены таким же строгим дедуктивным путем, без трудоемкого процесса сбора и обобщения частных случаев, без использования индуктивных рассуждений и выводов по аналогии. Другая причина состоит в том, что ученым при построении развернутой научной теории приходится заимствовать из других работ и включать в свою теорию идеи и результаты, полученные их коллегами. Ни одна научная теория, включающая в себя широкий круг положений и принципов и дающая единую интерпретацию этих положений, не была построена иначе, как на основе подобного заимствования. Авторам этих теорий, как правило, свойственно опасение, что их приоритет не будет признан, если они покажут технологию построения теории из разрозненных идей, принадлежащих другим исследователям. Эта ситуация может измениться, если мы сами, ценители и почитатели их творческих успехов, научимся правильно оценивать труд людей, сумевших создать нечто целое из отдельных, первоначально никак не связанных кусков (деталей).

Историк, анализирующий научные тексты прошлого, в которых скрыты исходные посылки новых идей, конечно, придет к заключению о принципиальной невозможности знать подлинную историю открытия. Такого взгляда придерживался Д.Пойа, который в книге «Математика и правдоподобные рассуждения» (1975) писал: «Я не могу рассказать подлинную историю того, как происходило открытие, потому что этого в действительности никто не знает. Однако я попытаюсь придумать правдоподобную историю того, как открытие могло произойти» (Пойа, 1975, с.16). Аналогичную точку зрения высказывали и другие исследователи. И.Л.Фабелинский в статье «Предсказание и обнаружение тонкой структуры линии Рэля» (УФН, 2000, январь) отмечает: «Вопрос о том, как в сознании человека возникает идея, ведущая к новому, чрезвычайно сложен и вряд ли поддается объяснению вообще. Но в некоторых случаях можно догадаться или, лучше сказать, пофантазировать и построить для себя приемлемую схему того, как человек пришел к правильному решению» (Фабелинский, УФН, 2000, с.95). Об этом же пишет В.М.Дуков в книге «Электродинамика» (1975): «Говоря об идейных истоках теории Максвелла, мы неизбежно становились на путь предположений, ибо восстановить точный ход мыслей гения – дело невозможное. Книги, подобно «Экспериментальным исследованиям» Фарадея, где автор раскрывает все детали поисков, - явление редчайшее» (Дуков, 1975, с.128). М.Тринг и Э.Лейтуэйт в книге «Как изобретать» (1980) констатируют: «Редко удается проследить путь творческой мысли великих изобретателей: они по большей части были людьми замкнутыми и не рассказывали о ходе своих рассуждений даже в письмах. Поэтому их биографам не остается ничего другого, как основываться на их изобретениях или же на собственных догадках» (М.Тринг, Э.Лейтуэйт, 1980, с.46).

Историк, понимающий, что исходные посылки, определившие рождение идеи, изначально существовали, но при подготовке научного текста статьи или монографии не получили освещения, вполне оправданно вынужден критиковать авторов текста, которые утаивают важную информацию, интересующую историка. Такую критику мы находим, например, в произведениях французского физика Франсуа Араго. В книге «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» (2000) Араго пишет: «В обширной области наук нельзя

насчитать восьми или десяти важных открытий, созревших без последовательных усилий ряда ученых. К несчастью, по заблуждению самолюбия, последние изобретатели или усовершенствователи часто утаивают то, что они заимствовали от своих предшественников; они любят удивлять, а не учить; они не понимают, что признавать себя должниками гораздо приятнее и спокойнее, нежели навлекать на себя подозрение в недобросовестности» (Араго, 2000, с.273). Обращая внимание на высокую степень завуалированности (замаскированности) действительного процесса совершения открытия в математических работах, Араго говорит: «Связь идей и способов решений часто скрывается от глаз самых опытных; здесь, почти на каждом шагу, встречаем теории без видимой связи; некоторые геометры, кажется, летают на такой высоте, что никто не может пролагать им дороги. Притом, все предварительные пути строятся на таких подмостках, о которых после никто не думает; по окончании дела их сламывают и забывают. Собирать их остатки – дело тягостное, неблагодарное, неуважаемое, и потому весьма редко за него принимаются» (Араго, 2000, с.273). Можно предположить, что эта ситуация была характерна для математики времен Араго, а в наше время она изменилась. Но С.Улам, известный польский математик, соратник Джона фон Неймана, рассеивает это предположение. В книге «Приключения математика» (2001), ссылаясь на последнее письмо Э.Галуа, С.Улам указывает: «Что касается публикаций, то в наше время математики почти что вынуждены утаивать то, как они получают свои результаты. А между тем Эварист Галуа, молодой французский гений, погибший в двадцать один год, в своем последнем письме подчеркивает, насколько истинный процесс совершения открытия отличается от того, что, в конце концов, выходит из печати в качестве процесса доказательства. Важно повторять это как можно чаще» (Улам, 2001, с.240).

Ярким примером того, как выдающийся исследователь может скрывать путь, которым фактически шел к открытию, служит творчество В.Гамильтона, создателя кватернионного исчисления, открывшего множество новых теорем в геометрической оптике. Как он открыл эти теоремы? В его работах полученные результаты изложены в строгой дедуктивной форме, но историками установлено, что в действительности В.Гамильтон открывал свои теоремы путем индуктивного обобщения частных случаев этих теорем. На анализ этих частных случаев он потратил много сил и времени. И.Б.Погребынский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) отмечает: «Опубликованные теперь рукописи Гамильтона показывают, что он пришел к своим общим результатам в геометрической оптике на основе кропотливого анализа частных случаев, и положил много труда на окончательную отделку изложения своих работ – отделку, полностью скрывающую путь, которым фактически шел автор» (И.Б.Погребынский, 1966). Далее И.Б.Погребынский цитирует рецензентов математических рукописей Гамильтона А.П.Конвэя и Дж.Л.Синга: «...Просмотр рукописей радикально меняет наше представление о том, как работал Гамильтон. Вместо ослепительных вспышек гения, каждая из которых создает законченный и прекрасный общий метод, хотя, по видимости, непригодный для приложений, мы видим самоотверженный труд, затраченный на развитие этих методов, причем частные случаи предшествуют общему» (И.Б.Погребынский, 1966).

Создатель теории фракталов Бенуа Мандельброт уверен, что авторам научных работ необходимо избавляться от прежней привычки оставлять в тени подлинный процесс формирования новых гипотез и концепций. В книге «Фрактальная геометрия природы» (2002) он отмечает: «Завершив строительство здания, следует убрать леса». Это изречение Гаусса часто приводят себе в оправдание те математики, которые избегают рассказывать о причинах, побуждающих их заниматься теми или иными исследованиями, и забывают об истории своей области. К счастью, в последнее время набирает силу иная тенденция, и многочисленные отступления в данном эссе служат красноречивым показателем того, какой из двух сочувствую лично я» (Мандельброт, 2002, с.561). Другой известный математик, лауреат премии Филдса (аналога Нобелевской премии для математиков) Александр Гротендик считает, что причиной нежелания ученых показывать в своих работах исходные посылки новых идей является удивительная простота истории любого открытия. Эта простота

упраздняет те элементы загадочности, таинственности и кажущейся недоступности для рациональной реконструкции, которые привлекают наше дополнительное внимание к интеллектуальным продуктам выдающихся людей. А.Гротендик в книге «Урожай и посевы» (2001) восклицает: «И лишь теперь я понимаю значение того невероятного обстоятельства, что нигде и никогда ни слова не говорится о том, как исследовательский труд проистекает на деле, о том, как ошеломляюще – по-детски – проста история любого открытия. Дорога, по которой люди приходят к открытию, не описана ни в одном докладе и ни в одной книге. О ней умалчивают, ею пренебрегают; отрицают ее существование, наконец. Так обстоят дела даже в относительно безобидной области научных открытий – когда, казалось бы, не собственный срам принародно обнажаешь, а тайну мироздания, слава богу» (Гротендик, 2001, с.97). Конечно, Гротендик немного утрирует ситуацию, но мы понимаем, зачем он это делает. Его цель – побудить ученых задуматься над этой проблемой. Хотелось бы добавить, что простота истории любого открытия, о которой говорит А.Гротендик, свидетельствует о простоте интеллектуальных стратегий, с помощью которых совершаются эти открытия. Другими словами, познавательные процессы, приводящие выдающихся ученых к достижениям высокой общественной значимости, эквивалентны познавательным процессам, определяющим интеллектуальную деятельность обычных людей.

Если историк не пожалеет времени и сил на то, чтобы рассмотреть как можно больше научных текстов прошлого, то обнаружит факт, который с лихвой компенсирует все его труды: источников, позволяющих понять (реконструировать) историю открытий, гораздо больше, чем документов, лишенных важных для нас сведений. По словам создателя теории стресса Ганса Селье, «многие ученые до конца своих дней помнят даже самые мелкие, не имеющие отношения к делу подробности, связанные с их открытием» (Г.Селье, 1987). Отсюда можно сделать вывод, что мнение ряда философов, психологов и других ученых о низкой ценности исторических источников в значительной степени определяется тем, что в их поле зрения чаще всего попадали источники отнюдь не самого высокого качества, то есть документы, не содержавшие информацию, необходимую для достоверного описания событий прошлого.

Многие из наших прежних представлений об ограниченности исторических источников рушатся на наших глазах. Главный виновник этого разрушения – Интернет, который сделал возможным быстрый доступ к любым массивам данных, представленных в электронном виде. Уже можно делить историю научных открытий как отдельную сферу знания на два периода: до появления всемирной паутины и после ее появления. Соответственно, целесообразно и самих ученых-историков, занимающихся исследованием процессуальных аспектов творческой деятельности, делить на две категории: живших в эпоху до Интернета и живущих сейчас при его наличии. Колоссальные человеческие ресурсы брошены сегодня на то, чтобы перевести в электронную форму как можно больше информации, накопленной цивилизацией за тысячи лет развития. Стремительный рост объема этой информации, в том числе исторической, ставит историка в уникальное положение: он может теперь сетовать не на недостаток необходимых ему сведений, а на их избыток. Он может говорить теперь не о том, что ему не хватает исторических фактов для описания подлинного процесса возникновения той или иной идеи, а о том, что он «завален» этими фактами и ему трудно выбрать из них какой-то небольшой круг данных, поскольку все они ему дороги.

Для иллюстрации данного положения можно сослаться на колоссальное количество электронной информации, доступной через Интернет и раскрывающей генезис открытий таких ученых, как Кеплер, Ньютон, Максвелл, Гельмгольц, Эйнштейн, Бор и т.д. Если говорить о ныне живущих ученых, то хотелось бы коснуться творчества Германа Хакена – основателя синергетики (науки о роли коллективных явлений в самоорганизующихся системах). Синергетика оказала и продолжает оказывать значительное влияние на другие научные дисциплины, в том числе на психологию. Когда мы говорили об обнаруженной нами аналогии между теоремой Геделя о неполноте и принципом Бертуланфи-Пригожина об открытости самоорганизующихся систем, мы близко подходили к той проблематике, которая

находится в центре внимания синергетики. Как возникла синергетика? Литература, доступная в Интернете, дает возможность понять, что эта теория, построенная Г.Хакеном, возникла на основе аналогии. В частности, Г.Хакен (1970-е годы) разработал теорию динамического хаоса и заложил основы синергетики, когда обнаружил аналогию между уравнением одностороннего лазера и уравнениями Лоренца в теории тепловой конвекции. Его внимание также привлекло сходство между генерацией когерентного излучения лазера вблизи порога возбуждения и фазовым переходом второго рода, математически описанным Л.Д.Ландау. А теперь ответим на вопрос: насколько велико количество электронной литературы, представленной во всемирной паутине, в которой отмечается роль этой аналогии в построении концепции Г.Хакена? Даже поверхностное исследование показывает, что круг данной литературы достаточно широк. В этот круг входят следующие работы: 1) книга Ю.Л.Климонтовича «Штрихи к портретам ученых» (2005), 2) вступительная статья Ю.Л.Климонтовича в книге Г.Хакена «Информация и самоорганизация» (2005), 3) учебное пособие Н.Н.Никитенкова и Н.А.Никитенковой «Синергетика для инженеров» (2009), 4) книга И.С.Добронравовой «Синергетика: становление нелинейного мышления» (1990), 5) статья Е.Князевой «Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе» (Материалы 1-й конференции Немецкого общества сложных систем, 1997), 6) статья А.С.Михайлова и И.В.Упорова «Критические явления в средах с размножением, распадом и диффузией» (журнал «Успехи физических наук», 1984, том 144, выпуск 1), 7) книга Ф.Капры «Паутина жизни» (2003), 8) книга И.Д.Акопяна «Проблема оснований теоретической биологии» (2007), 9) статья Н.Климонтовича «Синергетика: лозунг или наука?» (журнал «Знание-сила», 1982, № 9), 10) книга Н.А.Денисовой «В чем заблуждаются физики?» (2000). Обилие электронной информации о роли аналогии в формировании синергетической концепции Г.Хакена убедительно свидетельствует о переломе, происходящем в историко-научных исследованиях: мы уже не можем говорить, что для объективного описания происхождения научных идей, имеющих высокую общественную значимость, нам не хватает фактических данных (исторических материалов). Это подтверждает нашу мысль, согласно которой источники, позволяющих понять (реконструировать) историю открытий, гораздо больше, чем документов, лишенных важных для нас сведений.

К сожалению, до сих пор приходится сталкиваться с ситуациями, когда представители той или иной науки (например, психологии) избегают того, чтобы в полной мере использовать сам метод историко-научной реконструкции и его результаты. Например, молодым ученым, применяющим этот метод в области психологии творчества, часто напоминают о недопустимости превращать психологию в историю, о нежелательности вводить в психологическое исследование слишком много элементов истории науки. Такое отношение к историческим работам неоправданно, поскольку новые идеи возникают на стыках наук, в междисциплинарном пространстве, в котором осуществляется синтез категорий и понятий различных научных дисциплин. Нельзя забывать об условности границ между разными сферами знания. Важные исследования задерживаются из-за того, что в одной области не известны результаты, уже давно ставшие классическими в смежной области. Об этом в свое время говорил Н.Винер. Называя деление науки на различные дисциплины не более чем административной условностью, он подчеркивал, что каждый творчески работающий ученый волен ломать любые перегородки, если это нужно для успеха его работы. Ведь природа не разделена на те предметы, которые нам преподают в школе. Она также не разделена на те научные дисциплины, которые в известной мере изолируют друг от друга различные научные ведомства.

Метод историко-научной реконструкции, предполагающий исследование широкого круга источников, которые раскрывают историю научных открытий, позволяет понять ключевой для нашей работы факт. Этот факт состоит в том, что личности, которых мы называем гениями и чьи заслуги внушают нам глубокое уважение, совершают научные открытия с помощью простых мыслительных процедур. Эти процедуры включают в себя в качестве важных составляющих индукцию и аналогию, которые доступны всем представителям вида

гомо сапиенс, наделенным здоровым мозгом. Таким образом, познавательные процессы, приводящие великих людей к достижениям высокой общественной значимости, эквивалентны познавательным процессам, определяющим интеллектуальную деятельность обычных индивидов. Следовательно, генетические структуры гениев не несут в себе факторов, обуславливающих их творческие успехи, которых не было бы в генотипе обычных людей. Поскольку операции обобщения и переноса свойственны многим высокоорганизованным животным и, прежде всего, приматам, не будет ошибкой сказать, что гении используют в своем творчестве те же стратегии обобщения и переноса, зачатки (элементы) которых демонстрируют наши эволюционные предшественники.

Конечно, это обстоятельство затрагивает наши глубокие мировоззренческие принципы, наши представления о собственной природе. Впервые нам пришлось существенно пересматривать эти представления, когда Н.Коперник показал, что люди отнюдь не живут в центре Вселенной. Коперник был астрономом, но в его время даже специалисты в области картографии находились во власти парадигмы, согласно которой человеку принадлежит центральное место в окружающем мире. Позже Ч.Дарвин показал, что физиология и поведение человека неразрывно связаны со всей остальной природой, а не отделены от нее непроходимой пропастью. Дарвиновская теория эволюция способствовала распространению мысли о том, что мозг человека – продукт последовательного развития мозга животных. Не являемся ли мы свидетелями еще одного пересмотра традиционных взглядов – пересмотра, приводящего к выводу, что интеллектуальная деятельность даже тех, кого мы называем гениями, связана со схемами переработки информации, доступными приматам и не только им?

## Глава 2 Аналогии в области физики

**1) Аналогия Демокрита.** Великий античный мыслитель Демокрит из Абдеры сформулировал идею о том, что, меняя расположение и порядок атомов, можно получить бесчисленное множество вещей, по аналогии с тем фактом, что из небольшого числа букв алфавита, меняя их порядок, можно образовать бесчисленное количество слов. В книге «Принцип симметрии» (1978) методолог науки Ю.А.Урманцев пишет: «Проводя смелую параллель между атомами и буквами и образованными из них соответственно сложными телами и словами, Демокрит так разъяснял свои мысли» («Принцип симметрии», 1978, с.189). Далее Ю.А.Урманцев показывает эти рассуждения Демокрита: «Подобно тому, как из небольшого числа букв, меняя их порядок, можно образовать бесчисленные слова, трагический или комический текст, подобно этому из одних и тех же физических атомов, учит Демокрит, меняя лишь их положение и порядок, также можно составить бесчисленное множество вещей. И вот что еще замечательно: тела, различающиеся друг от друга лишь диатигой или тропой, гениальный абдерит совершенно справедливо рассматривал как видоизменения одного и того же тела – как изомеры или полиморфические модификации, сказали бы мы теперь. Таким образом, совершенно бесспорно, что истинным основоположником учения об изомерии следует считать Демокрита» (там же, с.189). Отметим, что данная аналогия одновременно играла роль исходных посылок догадки Демокрита о возможности построить все разнообразие мира из сочетаний одних и тех же атомов, и роль средства пояснения этой догадки.

**2) Аналогия Герона Александрийского.** Герон Александрийский (1 век до н.э.) выдвинул гипотезу о прямолинейном движении частиц света по аналогии с прямолинейным полетом снарядов. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) отмечает: «Здесь Герон рассуждает, видимо, с позиций некоей корпускулярной теории света, сопоставляя несущиеся частички света с летящими с большой скоростью снарядами: «Стрелы, запущенные из луков, могут служить тому примером. Это происходит потому, что сила, толкающая движущийся предмет, заставляет его двигаться по наикратчайшему возможному пути, ибо она не имеет времени для более медленного движения, т.е. для движения по более длинной траектории. Приложенная сила не допускает такого запаздывания. Итак, вследствие своей скорости предмет стремится двигаться по кратчайшему пути. Но кратчайшая линия между одними и теми же конечными точками есть прямая линия» (Дорфман, 2007, с.79).

**3) Аналогия Витрувия Поллиона.** Римский военный инженер Витрувий Поллион (14 год н.э.) пришел к заключению о том, что звук, издаваемый человеческим голосом, распространяется в виде круговых волн, по аналогии с круговой формой волн, распространяющихся на поверхности воды от брошенного камня. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) цитирует Витрувия: «Голос движется по бесконечно расширяющимся окружностям, подобно тем бесчисленным кругам волн, которые возникают на спокойной воде, если бросить в нее камень, и распространяются, расходясь от центра, как только могут шире, если их не прерывает теснота места или какое-нибудь препятствие, мешающее завершиться очертаниям этих волн» (Дорфман, 2007, с.76). «...На воде, - подчеркивает Витрувий, - круги движутся по поверхности лишь в ширину, а голос распространяется не только вширь, но постепенно восходит и ввысь. Поэтому то, что происходит с очертаниями волн на воде, относится и к голосу; если никакое препятствие не прерывает первую волну, то она не расстраивает ни вторую, ни последующие, но все они без всякого отражения доходят до ушей...» (цит. по: Дорфман, 2007, с.76).

**4) Аналогия Жана Буридана.** Жан Буридан (1300-1358), выдвигая свою гипотезу импетуса (которая предшествовала представлению об импульсе), интерпретировал способность тела

воспринять некоторое количество этого импульса (напора) по аналогии со способностью тела вместить некоторое количество тепла. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе своей книги «Всемирная история физики» (2007) пишет: «Заслуживает внимания намечаемая Буриданом аналогия между способностью тела вместить некоторое количество тепла и его способностью воспринять некоторое количество напора, или, выражаясь современным языком, между «теплоемкостью тела» и его «массой», являющейся как бы емкостью импульса. Напомним, что этот смысл понятия «массы» был впоследствии утрачен в ньютоновской механике и возрожден вновь лишь в 20 столетии (1913 г.) Полем Ланжевенном» (Дорфман, 2007, с.103). Кроме того, Буридан пришел к мысли о том, что отражение тела от препятствия зависит от импульса, сообщаемого телу, по аналогии с зависимостью отражения света от источника света. Я.Г.Дорфман констатирует: «Буридан обращает внимание на то, что точно так же, как источник света, рождая свет, порождает способность отражения света, так и напор приводит к отражению тела от препятствия» (Дорфман, 2007, с.104). Об этой аналогии Буридана говорит также А.Т.Григорьян в книге «Механика от античности до наших дней» (1974): «Буридан объяснял отскакивание шарика от земли по аналогии с отражением света, говоря, что начальный импульс сжимает его, когда он стучается об землю, а затем возникает новый импульс, благодаря которому он подпрыгивает вверх» (Григорьян, 1974, с.84).

**5) Аналогия Леонардо да Винчи.** Леонардо да Винчи (1452-1519) высказал идею о суперпозиции звуковых волн по аналогии с суперпозицией водяных волн. Суперпозиция – это сохранение формы и направления волн при их столкновении (при встрече волн от разных источников). Заметив однажды, что круги, расходящиеся на водной глади от брошенного камня, накладываются друг на друга, не меняя своей формы, да Винчи решил, что то же самое должно иметь место и для звука. Впоследствии (в 19 веке) Томас Юнг сформулирует принцип суперпозиции световых колебаний по аналогии с принципом суперпозиции звуковых колебаний. Леонардо да Винчи пришел к мысли о волновом распространении света, звука и магнетизма по аналогии со своей теорией движения волн на море. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) пишет: «Леонардо создал теорию движения волн на море. Более того, расширяя эту теорию с помощью выдвинутой им наиболее универсальной физической концепции – «движение есть причина всего живого», - он, предваряя время, видел в волновом движении наиболее естественное движение. Согласно Леонардо, свет, звук, цвет, запах, магнетизм и даже мысль распространяются волнами» (Льоцци, 1970, с.44).



«...Вы, без сомнения, остановитесь перед изображением Коперника, скромного по наружности, но сильного умственными способностями, и не сможете не удивиться его смелости остановить Солнце, повернуть Землю на ее оси и вместе с тем сдвинуть ее около Солнца. Сейчас мы привыкли к этим огромным идеям, но мысленно переселитесь в век бессмертного Торуньского каноника: тогда поймете величие его гения, который, основываясь на ничем не доказанных гаданиях древних ученых Никиты и Филолая, разрушил основания Птолемеевой астрономии и проник в истинное устройство Солнечного мира».

Д.Перевощиков

**6) Аналогия Николая Коперника.** Николай Коперник (1533) выдвинул идею о вращении Земли и других планет вокруг Солнца по аналогии с предположением древних египтян о вращении Меркурия и Венеры вокруг Солнца, а также по аналогии с представлениями Аристарха Самосского и некоторых пифагорейцев о вращении всех остальных планет Солнечной системы вокруг Солнца. В книге И.Н.Веселовского и Ю.А.Белого «Николай Коперник» (1971) приводятся следующие слова Коперника: «...Никак не следует пренебрегать тем, что написал в энциклопедии Марциан Капелла и что хорошо знали

некоторые другие латинские писатели. Они полагают, что Венера и Меркурий обращаются вокруг находящегося в середине Солнца, и по этой причине думают, что эти планеты могут отойти от Солнца не дальше, чем позволяет кривизна их орбит...» (И.Н.Веселовский, Ю.А.Белый, 1971). И.Н.Веселовский и Ю.А.Белый сообщают, что Коперник мог ознакомиться с гипотезой о вращении Меркурия и Венеры вокруг Солнца, читая книгу Цицерона «О государстве», а именно ту ее часть, где описывается знаменитый «Сон Сципиона». В этом сне Меркурию и Венере дается характеристика спутников Солнца. Это представление принадлежит Гераклиду Понтийскому, который одним из первых объявил, что Меркурий и Венера вращаются вокруг Солнца «Возможно, - подчеркивают Веселовский и Белый, - что как для Галилея четыре спутника Юпитера послужили моделью Солнечной системы, так и Коперник случай двух планет, обращающихся вокруг Солнца, распространил и на всю Солнечную систему» (И.Н.Веселовский, Ю.А.Белый, 1971). А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) пишет: «Идею иного, не геоцентрического способа описания видимого движения планет Коперник нашел у древнегреческих философов – Аристарха Самосского и некоторых пифагорейцев. Он использовал идею именно первого – идею подвижности Земли, обращающейся вокруг реального тела – неподвижного Солнца, расположенного в центре мира» (Еремеева, 1984, с.42). Об этом же А.И.Еремеева и Ф.А.Цицин пишут в книге «История астрономии» (1989): «Главную идею иного, не геоцентрического способа описания видимого движения планет Коперник нашел у древнегреческих философов (по крайней мере, он упоминает Филолая и Хикетаса). Это была идея подвижности Земли, обращающейся вокруг реального тела – неподвижного в пространстве, расположенного в центре мира. Для Кеплера это было Солнце» (Еремеева, Цицин, 1989, с.142). О том, что Коперник пришел к идее о движении Земли под влиянием Аристарха Самосского, говорит К.Саган в книге «Космос» (2005): «Коперник мог наткнуться на эту идею, читая об Аристархе. Недавно обнаруженные классические тексты будоражили итальянские университеты в тот самый период, когда Коперник обучался там в медицинской школе. В рукописи своей книги Коперник отмечает приоритет Аристарха, однако он убрал ссылку перед тем, как манускрипт был отправлен в печать» (К.Саган, 2005).

**7) Аналогия Джордано Бруно.** Джордано Бруно сформулировал идею о множественности миров, подобных Солнечной системе, по аналогии с философскими представлениями Николая Кузанского, согласно которым никакое тело не может быть центром Вселенной, поскольку она бесконечна. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) отмечает: «Особенно большую роль в формировании взглядов Бруно сыграло его знакомство с натурфилософским учением Николая Кузанского, в котором отрицалась возможность для любого тела быть центром Вселенной, поскольку она бесконечна. Пораженный этой идеей, Бруно понял, какие грандиозные перспективы открывал гелиоцентризм...» (Еремеева, 1984, с.49).

**8) Аналогия Вильяма Гильберта.** Вильям Гильберт (1600) сформулировал гипотезу о том, что Земля является огромным магнитом, основываясь на следующей аналогии. В 1576 г. Роберт Норман открыл магнитноеклонение – стремление магнитной стрелки компаса вниз, к земле. Проверяя опыты Нормана, Гильберт экспериментирует с магнитом в виде шара и рассуждает: и Земля, и шаровой магнит геометрически подобны, оба имеют магнитные полюса и экватор, ориентация магнитной стрелки вокруг шарового магнита такая же, как и вокруг Земли. Затем Гильберт обнаруживает наклонение магнитной стрелки к шару, равное тому, что было совершенно четко измерено Норманом и на Земле. Это сходство Земли и магнитного шара по отношению к стрелке компаса и приводит Гильберта к его знаменитой гипотезе. «Один этот опыт, - пишет В.Гильберт, - удивительным образом (словно пальцем) показывает прославленную магнитную природу Земли, присущую всем ее внутренним частям, разлитую по ним. Следовательно, магнитная мощь существует в Земле, так же как и в земле». Под землицей Гильберт понимал шаровой магнит. М.Льоцци в книге «История

физики» (1970) пишет: «Исходя из идей Перегрино, Гильберт изготовил магнит сферической формы, «маленькую Землю». Затем, обходя с помощью небольшой намагниченной стрелки поверхность шара, он исследовал магнитные свойства своего шара и нашел, что они соответствуют магнитным свойствам Земли – большого магнита. Итак, заключает он, с точки зрения магнитного действия Земля отличается от этого шара лишь своими размерами. Значение этого вывода, о котором Галилей сказал, что он «достоин удивления», далеко выходит за пределы чистой техники. Здесь впервые человек осмеливается сопоставлять явление, полученное в стенах лаборатории, с явлением космического порядка» (Льовицкий, 1970, с.66).

**9) Аналогия Антония де Доминиса.** Марк Антоний де Доминис (1611) высказал гипотезу о том, что образование радуги является результатом преломления солнечных лучей в мельчайших капельках воды, по аналогии с тем фактом, что прохождение света сквозь стеклянную призму сопровождается появлением различных цветов, расположенных в той же последовательности, что и в радуге. До Доминиса правильную теорию радуги высказывали ибн Масуд ал-Ширади (1236-1311), монах Теодорих Фрейбургский (1311), Вителлий (2-я половина 13 века).

**10) Аналогия Галилео Галилея.** Г.Галилей (1604) открыл знаменитый закон об ускорении свободного падения, в соответствии с которым путь движения падающего тела равен квадрату времени, по аналогии с исследованиями Н.Орема, которые были изложены в его «Трактате о конфигурации качеств» (1371). Эта аналогия предшествовала экспериментам Галилея по измерению времени движения тел по наклонной плоскости. В книге «История математики в Средние века» (1961) историк математики А.П.Юшкевич подчеркивает: «В главе 7 части 3 Орем геометрически исследует движение в случае равномерно-неравномерной скорости, т.е. равномерного ускорения, и доказывает равносильность такого движения равномерному движению со средней скоростью, т.е. теореме о том, что средняя скорость равномерно ускоренного движения равна средней арифметической начальной и конечной скоростей. Для этого он доказывает равенство площадей прямоугольного треугольника  $abc$  или четырехугольника  $abdc$  и прямоугольника  $abgf$ , высота которого есть половина высоты треугольника, или полусумма вертикальных сторон четырехугольника. Первые две фигуры служат изображениями равномерно ускоренного движения с конечной скоростью, равной нулю или отличной от нуля, а прямоугольник – изображением равномерного движения со скоростью, равной скорости предыдущего движения в среднее мгновение. Орем... не говорит прямо, что площади рассматриваемых фигур выражают пройденный путь, но такое понимание естественно следует из его рассуждений и даже лежит в их основе. (...) Нельзя не отметить, вместе с тем, разительное сходство вывода Орема и более подробного доказательства той же теоремы, данного 250 лет спустя Г.Галилеем (1638)» (Юшкевич, 1961, с.399). Об этой же аналогии пишет В.Розин в книге «Мышление и творчество» (2006): «Например, Орем не только предложил новый для того времени способ изображения ускоренного движения и доказал фундаментальную для механики теорему об эквивалентности равноускоренного и равномерного движения, но также наметил логический каркас основных понятий механики чуть ли не на 300 лет вперед. В.П.Зубов в своих исследованиях показал, что Галилей прекрасно знал основную работу Орема («Трактат о конфигурации качеств»), из которой он заимствовал, во-первых, идею и геометрический метод доказательства теоремы об эквивалентности движений, во-вторых, терминологию и ряд основных понятий» (Розин, 2006, с.34). Можно сказать, что Орем и Галилей пришли к выводу о том, что путь, проходимый телом при ускоренном движении, равен квадрату времени, по аналогии с тем, что площади подобных треугольников, выражающих пройденный путь, пропорциональны квадратам их ординат, выражающим время, то есть скорость.

**11) Аналогия Галилео Галилея.** Г.Галилей (1590) выдвинул предположение об изохронности колебаний механического маятника любой длины по аналогии с утверждением его предшественника Бенедетти об изохронности звуковых колебаний музыкальных инструментов (1585). Изохронность колебаний – это независимость периода (частоты) колебаний от амплитуды. Таким образом, Галилей перенес в область механики одну из закономерностей акустики. А.Т.Григорьян и И.Б.Погребыцкий пишут: «Быть может, та же аналогия, только в обратном направлении – от звучания струны к колебаниям подвешенного тела, укрепила в Галилее уверенность в изохронности колебаний маятника любой длины» («История механики с древнейших времен до начала 18 века» под ред. А.Т.Григорьяна и И.Б.Погребыцкого, 1971). Помимо аналогии, идея Галилея обуславливалась также индукцией. Как рассказывает К.К.В.Рыжов, «сохранилось предание, что в 1583 году девятнадцатилетний Галилей, находясь в Пизанском соборе, обратил внимание на раскачивание люстры. Он заметил, отсчитывая удары пульса, что время одного колебания люстры остается постоянным, хотя размах делается все меньше и меньше. Позже, приступив к серьезному изучению маятников, Галилей установил, что при малом размахе (амплитуде) раскачивания (всего несколько градусов) период колебания маятника зависит только от его длины и имеет постоянную длительность. Такие колебания стали называть изохронными» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**12) Аналогия Галилео Галилея.** Г.Галилей открыл математический закон акустических колебаний, согласно которому частота звука пропорциональна квадратному корню из размера струны, по аналогии со своим законом колебаний механического маятника, в соответствии с которым период (частота) колебаний маятника равна квадратному корню из длины нити подвеса. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) приписывает эту аналогию Исааку Ньютону: «...Для первого знакомства лучше найти хорошую «карикатуру». Именно так поступил Ньютон, предложивший простую модель распространения звуковой волны. Основная идея Ньютона сводилась к тому, что при распространении волны каждая частица среды колеблется подобно маятнику и движение каждой частицы влияет на движение всех окружающих ее частиц (ближайших соседей)» (Филиппов, 1990, с.114).

**13) Аналогия Галилео Галилея.** Г.Галилей открыл закон колебаний механического маятника, который гласит, что период колебаний маятника пропорционален квадратному корню из его длины, по аналогии со своим законом свободного падения, где время свободного падения пропорционально квадратному корню из пройденного пути. Как отмечает историк науки Ф.Даннеман, скатывая различные шары по наклонной плоскости, Галилей установил, что пройденные пути относятся между собой, как 1 : 4, когда времена падения относились, как 1 : 2, иными словами, пройденные пути относились между собой, как квадраты времен падения. Далее Ф.Даннеман указывает, что «Галилей распространил свои исследования на маятники различной длины и нашел, что для того, чтобы маятник качался вдвое медленнее, он должен быть в 4 раза длиннее» (Ф.Даннеман, «История естествознания», 1932-1938). Об этом же пишет историк науки С.Гиндикин: «На опыте он лишь подметил зависимость периода от длины, но закон пропорциональности периода квадратному корню из длины нашел с помощью довольно остроумных рассуждений...». «Основным для Галилея, - отмечает С.Гиндикин, - был найденный опытным путем закон равной продолжительности качаний маятников одинаковой длины, или изохронизм их колебаний. Для дальнейших рассуждений он использовал открытый им закон свободного падения и связь движения по наклонной плоскости и свободным падением» (С.Гиндикин, «Рассказы о физиках и математиках», 2006). Указанную аналогию подтверждает А.Т.Филиппов, который в книге «Многоликий солитон» (1990) подчеркивает: «Основным для Галилея был найденный опытным путем закон равной продолжительности качаний маятников одинаковой длины, или изохронизм их колебаний. Для дальнейших рассуждений

он использовал открытый им закон свободного падения и связь движения по наклонной плоскости со свободным падением» (Филиппов, 1990, с.81).

**14) Аналогия Галилео Галилея.** Г.Галилей пришел к мысли о создании маятника, предназначенного для измерения времени, по аналогии с колеблющейся люстрой, которую он видел в Пизанском соборе. Г.Я.Буш в книге «Методы технического творчества» (1972) подчеркивает: «Метод аналогии с физическими явлениями позволил Г.Галилею изобрести маятник для измерения биений пульса по аналогии с раскачивающейся люстрой в Пизанском соборе» (Г.Я.Буш, 1972).



«Жребий брошен. Я написал книгу либо для современников, либо для потомков; для кого именно – мне безразлично. Пусть книга ждет сотни лет своего читателя: ждал же сам Бог 6000 лет, пока появился свидетель».

Иоганн Кеплер

**15) Аналогия Иоганна Кеплера.** И.Кеплер (1604) выдвинул гипотезу о том, что человеческий глаз дает перевернутое изображение предметов, по аналогии с тем, что перевернутое изображение предметов давала камера-обскура, известная еще Алхазену и дела Порте. Перевернутое изображение давала также запроектированная Кеплером зрительная труба, состоящая из двух выпуклых линз и сменившая трубу Галилея в силу большей разрешающей способности (П.С.Кудрявцев, «Исаак Ньютон», 1963). До Кеплера взгляд на камеру-обскуру как на оптический аналог человеческого глаза высказывал Леонардо да Винчи. П.С.Кудрявцев в книге «Исаак Ньютон» (1963) говорит о да Винчи: «...Подробно описывая камеру-обскуру, он прямо указал: «То же происходит и внутри глаза». Тем самым впервые было указано устройство, которое следует рассматривать как оптический аналог человеческого глаза» (Кудрявцев, 1963). Об этом же пишет историк науки М.Льоцци в книге «История физики» (1970), замечая, что к формулировке указанной гипотезы Кеплера близко подошел и Алхазен: «Но поставив проблему, он тотчас же вынужден был отказаться от ее решения, испуганный ее следствиями. Действительно, если лучи пересекаются в центре глаза, то на сетчатке они образуют перевернутое изображение. Но видел ли кто-нибудь когда-нибудь мир перевернутым? Алхазен знал по опыту, а не только на основе элементарных геометрических рассуждений, что на сетчатке изображения должны получаться перевернутыми» (Льоцци, 1970, с.29). «...Алхазен, - добавляет М.Льоцци, - многократно и аккуратно ставил опыты с камерой-обскурой. Поэтому он обязательно должен был наблюдать перевертывание изображения, хотя в приведенной цитате он об этом не упоминает» (там же, с.30).

**16) Аналогия Иоганна Кеплера.** И.Кеплер объяснил причину близорукости и дальновидности хрусталика человеческого глаза по аналогии с тем, как ученые его времени и он сам объясняли механизм формирования изображения в телескопе. А.К.Сухотин в книге «Парадоксы науки» (1980) отмечает: «И.Кеплер установил, что четкое изображение увиденного – заслуга сетчатки глаза. Но это лишь в том случае, если световые лучи, проходя хрусталик и преломляясь в нем, пересекутся как раз на сетчатке. Если же хрусталик остается в сильно выпуклом состоянии, фокус окажется чуть впереди. Тогда изображение получается расплывчатым. Добавим, что в случае дальновидности хрусталик, наоборот, слишком растянут и фокус оказывается позади сетчатки. Определенно в разработке причин

близорукости И.Кеплером решающую роль сыграло именно то, что он – астроном-любитель хорошо знал устройство телескопа. Очевидно, аналогия глаза с оптической системой и навела ученого на мысль объяснить нарушение зрения подобным образом» (А.К.Сухотин, 1980).

**17) Аналогия Иоганна Кеплера.** В сочинении «Стереометрия винных бочек» (1615) Кеплер разработал свои интеграционные математические методы. Он применил их для нахождения объемов более чем 90 тел вращения по аналогии со своими более ранними вычислениями эллиптических орбит планет. Вычисляя эти орбиты, Кеплер встретился со случаем определения площади сектора эксцентрического круга. Данный случай приводит к эллиптическому интегралу. Кеплер решил эту задачу путем суммирования бесконечно большого числа «актуализированных» бесконечно малых. Этот подход к решению важной практической задачи представлял собой первый шаг к развитию математического анализа, основы которого были заложены Ньютоном и Лейбницем. Что касается самого метода суммирования бесконечно малых, то Кеплер развил данный метод по аналогии с методом суммирования Архимеда, который в свое время вывел формулы площади круга, площади поверхности шара, площади сферического сегмента, объема шара и эллипсоида, сегментов шара, эллипсоида, параболоида, двуполостного гиперболоида вращения, площади витка спирали на основе данного метода. Об этой аналогии свидетельствует то, что в теоретической части «Стереометрии винных бочек» Кеплер пересказывает сочинение Архимеда «О шаре и цилиндре», принимает античный метод суммирования, которым пользовался Архимед, называя его глубоким. Кеплер заимствует у Архимеда основную стратегию, состоящую в том, что любая фигура или тело представляется в виде суммы множества бесконечно малых частей. Как пишет историк математики К.Л.Рыбников, «плодотворность суммирования элементов, вычитанная у Архимеда Кеплером, была очевидной» (К.А.Рыбников, «История математики», 1974). В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) констатирует: «Плодотворность метода суммирования элементов, позаимствованная Кеплером у Архимеда, была очевидной. Многие ученые посвятили свои работы усовершенствованию оперативной стороны такого суммирования и рациональному разъяснению возникающих при этом понятий» (Панов, 2006, с.152). Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961) указывает, что сам Архимед опирался на работы Евдокса: «Таким образом, Архимед поднял метод Евдокса на новую, более высокую ступень. У него имелись настоящие интегральные суммы – нижняя и верхняя, - и фактически производился переход к пределу. Отличие от открытого Ньютоном и Лейбницем метода состояло, во-первых, в том, что у Архимеда не было ни понятий «предельного перехода», «нижней и верхней границы», ни соответствующих этим понятиям обозначений» (Кольман, 1961, с.154).

**18) Аналогия Иоганна Кеплера.** Иоганн Кеплер (1619) пришел к выводу о существовании силы притяжения между планетами и Солнцем по аналогии с фактом существования силы магнитного притяжения, которую в 1600 году исследовал современник Кеплера Вильям Гильберт (Ю.А.Белый, «Иоганн Кеплер», 1971). Именно тот факт, что притяжение двух магнитов тем сильнее, чем меньше между ними расстояние, помог ему осмыслить и понять то, что планеты движутся быстрее вблизи Солнца и медленнее при удалении от него. В книге «Курс истории физики» (1982) П.С.Кудрявцев пишет: «...Кеплер предполагал, что причина взаимного притяжения тел подобна притяжению магнитом куска железа. Такой силой Кеплер объяснил приливы, приписывая их притяжению вод океана Луной. Два камня, изолированные во Вселенной от влияния всех других тел, по Кеплеру, «стремились бы соединиться друг с другом, подобно двум магнитам» (Кудрявцев, 1982, с.108). Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) цитирует Кеплера: «Если бы кто-нибудь меня спросил, что я думаю о теле Солнца, от которого исходит эта движущая разновидность, я бы ответил, что нам надлежит, прежде всего, мыслить по аналогии и исследовать глубоко пример магнита» (Дорфман, 2007, с.146). Об этом же пишет А.Т.Григорьян в книге «Механика от античности до наших дней» (1974): «...Именно Кеплеру принадлежит попытка

динамического подхода к объяснению движения небесных тел, которая стала вместе с тем первым шагом к созданию действительной небесной механики. Он еще понимал силу по-аристотелевски, как величину, пропорциональную скорости (а не ускорению). (...) Позже Кеплер ассоциирует свое понятие о силе тяготения с понятием о силе магнитного притяжения, исходя из представления о Земле как большом магните» (Григорьян, 1974, с.125). Кеплер был близок к тому, чтобы раньше Ньютона вывести формулу квадратической зависимости силы тяготения от расстояния, поскольку ему была известна формула зависимости силы света от того же квадрата расстояния, но он не воспользовался этой аналогией. Историк науки Ю.А.Белый в книге «Иоганн Кеплер» пишет: «Считая, что сила Солнца уменьшается прямо пропорционально увеличению расстояния, Кеплер чувствовал, что здесь что-то не так, тем более что знал, что сила света уменьшается пропорционально квадрату расстояния» (Белый, 1971). Об этом же пишет А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984): «Рассматривая возможный закон действия Солнца на планеты, Кеплер имел в своем распоряжении лишь один пример количественной характеристики силы, действующей на расстоянии. Это была доказанная им же в 1604 г. обратная пропорциональность силы света квадрату расстояния от источника. Воспользовавшись аналогией со светом, он, однако попытался для силы, движущей планеты, впервые учесть и движение их в одной плоскости. Такая попытка строго решить вопрос при недостаточном еще развитии основ механики привела его к ошибочному выводу, что эта сила обратно пропорциональна расстоянию (а не его квадрату)» (Еремеева, 1984, с.69).

**19) Аналогия Иоганна Кеплера.** И.Кеплер пришел к идее о том, что движение планет подчиняется правилу рычага, когда заметил сходство (аналогию) поведения планеты по отношению к Солнцу с поведением груза относительно точки опоры. Ю.А.Данилов и Я.А.Сморodinский в статье «Иоганн Кеплер: от «мистерии» до «гармонии» (УФН, 1973, январь) цитируют слова Кеплера, показывая ход его рассуждений: «Следовательно, поскольку при увеличении расстояния от центра Вселенной до планеты движение планеты замедляется, а при уменьшении ускоряется, источник движущей силы с необходимостью должен лежать в точке, которую мы приняли за центр Вселенной. Если принять такую гипотезу, то становится ясной причина наблюдаемого явления: из гипотезы следует, что движение планет подчиняется правилу рычага. Действительно, движущаяся под действием исходящей из центра силы планета будет тем тяжелее (а потому и двигаться медленнее), чем меньше расстояние от нее до центра. То же самое происходит, когда я говорю, что груз тем тяжелее, чем дальше он отстоит от точки опоры, не сам по себе, а благодаря действию рычага, которое пропорционально длине плеча. В обоих случаях (здесь – рычага с грузом, там – движения планет) сила убывает обратно пропорционально расстоянию» (Данилов, Смородинский, УФН, 1973, с.197).



«Его тяга к одиночеству и уединению была столь велика, что в течение двадцати лет он сменил 24 дома в 13 различных городах – и притом держал свой адрес в секрете даже от близких друзей, с которыми поддерживал постоянную переписку. Его единственным и неизменным требованием к новому месту жительства были близость к католическому собору и университету».

Д.Шульц, С.Э.Шульц о Декарте

**20) Аналогия Рене Декарта.** Рене Декарт построил теорию света, в которой объяснил закон преломления света и ряд других явлений, воспользовавшись, как он сам об этом говорил, минимальным количеством аналогий. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) пишет о

Декарте: «Пообещав объяснить «все» известные свойства света и вывести «все» другие свойства, он, тем не менее, заявляет, что... для его целей, т.е. для объяснения зрения и действия подзорной трубы, ему достаточно использовать две-три аналогии» (Льоцци, 1970, с.115). Первая аналогия Декарта – это мысль о том, что световой луч находит себе дорогу подобно тому, как это делает слепой, ощупывая палкой каждый клочок земли и медленно продвигаясь вперед. Далее М.Льоцци объясняет две другие аналогии, которые использовал Декарт: «Вторая аналогия, противоречащая предыдущей, говорит о материальной природе света: как два потока виноградного сула вытекают, не мешая друг другу, из двух отверстий в дне чана, полного винограда, так и потоки тонкой материи, исходящей из Солнца к нашим глазам, не возмущают друг друга и не возмущаются обычной материей. Третья аналогия – это аналогия Альхазена: световой луч подобен брошенному материальному телу. С помощью этих трех аналогий, используя то одну, то другую, Декарт рассматривает прямолинейное распространение света, прохождение света через прозрачные тела, отражение, рассеяние» (Льоцци, 1970, с.115). В своей теории света Декарт решил задачу о разложении скорости света на составляющие по аналогии с тем, как Алхазен разложил на составляющие скорость брошенного материального тела. Использование этой аналогии подтверждается тем, что когда Мерсенн в письме попросил Ферма дать отзыв о теории света Декарта, Ферма в своем письменном ответе упрекнул Декарта в слишком частом применении данной аналогии. М.Льоцци констатирует: «Ферма ответил, высказав в основном два замечания по методу Декарта. В первом он ставил в вину Декарту то, что тот произвольно переносит на распространение света свойства движения брошенных тел, поскольку скорость последних конечна и переменна, тогда как свет распространяется мгновенно. Во втором замечании Ферма отвергает принцип разложения движения на составляющие, которые он, как видно, не понял и к которому всегда относился с подозрением» (Льоцци, 1970, с.119).

**21) Аналогия Пьера Ферма.** Пьер Ферма (1650) пришел к знаменитому принципу наименьшего времени, согласно которому свет движется по пути, на прохождение которого он тратит наименьшее время, по аналогии с принципом кратчайшего пути Герона Александрийского. Идея данного принципа возникла у Ферма, когда он читал книгу по оптике де ла Шамбра. В ней автор обосновывал закон отражения света с помощью принципа Герона. Самого де ла Шамбра смущало то обстоятельство, что в ряде случаев при отражении от вогнутых зеркал принцип Герона не выполнялся – путь, проходимый светом, оказывался не наименьшим, а наибольшим. Ферма решил переформулировать принцип Герона так, чтобы он стал применим и для случая преломления света. Принцип минимального времени для света подсказывался Пьеру Ферма поведением света при преломлении. С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) пишет о том, как Ферма открыл свой принцип, пытаясь теоретически объяснить закон отражения света: «В 1650 году Ферма дал замечательную интерпретацию этого закона. Он отправлялся от известного еще Герону Александрийскому факта, что равенство углов падения и отражения можно вывести из предположения, что при отражении свет выбирает наикратчайший путь. Ферма предположил, что путь распространения света между двумя точками есть такой путь, для прохождения которого свету требуется наименьшее время по сравнению с любым другим путем между этими точками, - теперь это утверждение носит название «принципа Ферма» (Гиндикин, 2006, с.154). Об этом же пишет М.Льоцци в книге «История физики» (1970), поясняя, что впервые Ферма изложил данный принцип в письме своему другу Мерсенну: «...При возобновлении спора с картезианцами ход мыслей Ферма уже изменился. На это повлияло чтение книги по оптике де ла Шамбра, в которой законы отражения выводятся по методу Герона, т.е. с помощью метафизического принципа, согласно которому природа всегда действует по кратчайшему пути, - общего принципа, достаточно неопределенного, чтобы его можно было всегда надлежащим образом приспособить к конкретным случаям. Ферма тотчас стал искать такую формулировку принципа, которая успокоила бы научную совесть его друга, обеспокоенного тем, что в ряде известных случаев отражения от вогнутых зеркал природа

действует по самому длинному пути. Ферма уверял, что в этих случаях под более коротким путем следует понимать путь более простой... Нельзя сказать, чтобы это рассуждение было особенно ясным!» (Льоцци, 1970, с.119).

**22) Аналогия Эванджелисты Торричелли.** Эванджелиста Торричелли (1644) вывел формулу падения воды (формулу вытекания воды из сосуда), согласно которой скорость падения воды пропорциональна квадратному корню из высоты падения, по аналогии с законом свободного падения Г.Галилея (1592), в котором ускорение падения также пропорционально квадратному корню из пути, пройденного падающим телом. «Законы истечения жидкости, установленные Торричелли, - пишет П.С.Кудрявцев, - обнаруживают очевидную аналогию с законами движения брошенного тела» (П.С.Кудрявцев, «Эванджелиста Торричелли», 1958). Об этом же пишет М.Льоцци в книге «История физики» (1970): «Используя аналогию с падением тяжелых тел, Торричелли выводит из принятой гипотезы следующее основное положение (называемое теперь «теоремой Торричелли»): вырывающаяся из сосуда вода имеет в точке истечения ту же скорость, которую имело бы произвольное тяжелое тело, а значит, и отдельная капля той же воды, падая свободно с верхнего уровня этой воды до уровня отверстия» (Льоцци, 1970, с.88). Льоцци добавляет: «В вопросе о движении жидкостей (непосредственными предшественниками в этих исследованиях были Бенедетти и Кастелли) вклад Торричелли столь велик, что Мах провозгласил его основателем гидродинамики» (там же, с.88).

**23) Аналогия Эванджелисты Торричелли.** Торричелли (1644) сформулировал гипотезу о том, что причиной ветров, т.е. атмосферной циркуляции, является неравномерный нагрев различных участков поверхности земли, по аналогии с тем фактом, что нагревание газа приводит к его расширению, а охлаждение – к сжатию. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) цитирует Торричелли: «Нет ли какого-либо ясного признака для обнаружения истинной причины возникновения ветров, действующей по единому принципу, необходимость которого среди всех прочих равных может быть доказана? Этим принципом является не что иное, как известнейший и вульгарнейший принцип уплотнения и разрежения воздуха. Почтеннейший храм Санта-Мария-дель-Фьоре в некоторой степени, а еще в гораздо большей степени Римская Базилика обладают способностью испускать в наиболее жаркие летние дни весьма свежий ветер из своих собственных дверей как раз в то самое время, когда воздух наиболее спокоен и никакого ветра (снаружи) нет. Причина этого заключается в следующем. Воздух, заключенный в большом помещении, почему-то оказывается более прохладным, чем внешний воздух, накаливаемый столь сильными (прямыми) лучами и отражением Солнца. Но если воздух более прохладен, то он и более плотен, а значит, он должен быть и более тяжелым. Вот почему из дверей и должно возникать течение воздуха наружу, а в наиболее высоко расположенные окна должно втекать столько же воздуха, сколько вытекало в дверь... Применим это наблюдение, перейдя от замкнутой полости к широчайшим просторам открытой атмосферы...» (Дорфман, 2007, с.180). Таким образом, можно сказать, что Торричелли установил причину ветров по аналогии с причиной течений воздуха в храме Санта-Мария-дель-Фьоре и в Римской Базилике. Как пишет Дорфман, «изучение блестящей популярной лекции «О ветре», произнесенной Торричелли в 1644 г., показывает, что ему принадлежит заслуга открытия условий возникновения ветра и создания основ представления об общей циркуляции земной атмосферы» (там же, с.180).

**24) Аналогия Франческо Гримальди.** Франческо Мариа Гримальди (1665), обнаружив новое оптическое явление – дифракцию света (отклонение светового луча при столкновении с препятствием), объяснил это явление, воспользовавшись аналогией с волнами звука и поведением волн на воде. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) указывает: «...Гримальди пытается так объяснить это явление: как вокруг камня, брошенного в воду,

образуются волны, так и препятствие, помещенное на пути пучка света, порождает в световом флюиде волны, отклоняющиеся за отверстием» (Льоцци, 1970, с.121). Гипотеза Гримальди о том, что каждому цвету светового луча должна соответствовать своя частота колебаний света, возникла по аналогии с тем, что каждой высоте звука соответствуют различные колебания воздуха. «В поддержку этой своей волновой теории, - поясняет М.Льоцци, - Гримальди приводит целый ряд аргументов, и в частности аналогию со звуком, различная высота которого, как учил Галилей, зависит от различных колебаний воздуха. Можно сказать, что Гримальди закончил начатый Декартом и происходивший не без сильного сопротивления процесс перенесения цветов в область физических явлений. Опыты, аналогичные опытам Гримальди, в 1672 г. провел Роберт Гук, причем утверждал, что провел их независимо» (там же, с.122). Об этой же аналогии Гримальди пишет Е.М.Кляус в статье «Томас Юнг», содержащейся в книге «Творцы физической оптики» (1973): «Первое предположение о волновой природе света высказал итальянский физик и астроном XVII века Гримальди: он сравнивал распространение света с распространением волн на воде» (Е.М.Кляус, 1973).

**25) Аналогия Христиана Гюйгенса.** Христиан Гюйгенс (1690) склонился к мысли о волновой природе света по аналогии с волновой природой звука и колебаний на поверхности воды, возникающих от брошенного камня. «...Логический путь, который выбирают при этом различные исследователи, - пишет физик Э.Мах, - далеко не свободен от случайностей. Сходство некоторых явлений света с водяными и звуковыми волнами приводит Гюйгенса к его теории света» (Э.Мах, «Познание и заблуждение», 2003). Даже ошибочная гипотеза Гюйгенса о продольном характере световых колебаний возникла по аналогии с продольным распространением звуковых волн. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) пишет об этой гипотезе Гюйгенса: «Однако Гюйгенс здесь несколько поспешил. Увлеченный, по-видимому, аналогией между звуком и светом, из которой он исходил, Гюйгенс считал колебания эфира продольными, хотя Гримальди и Гук уже выдвигали предположения о поперечности этих колебаний. Если принять предположение о продольности колебаний, то некоторые особенности этого явления не поддаются волновому объяснению, в частности поведение лучей света при прохождении двух кристаллов с параллельными главными сечениями» (Льоцци, 1970, с.152).

**26) Аналогия Христиана Гюйгенса.** Х.Гюйгенс (1678) открыл важнейший принцип волнового движения света (принцип Гюйгенса), согласно которому каждая точка среды, до которой дошла волна света, сама становится источником вторичных волн, а огибающая всех этих вторичных волн и представляет собой начальную волну, переместившуюся в новое положение, руководствуясь аналогией. В частности Гюйгенс опирался на аналогию с механизмом распространения пламени (пожара). М.Льоцци в книге «История физики» (1970) подчеркивает: «...Гюйгенс рассматривает механизм распространения движения. Он начинает с примера пламени. Каждая точка пламени сообщает движение частицам окружающего эфира, т.е. создает свою собственную волну, а каждая частица эфира, которой достигла волна, становится в свою очередь центром другой, меньшей волны. Таким образом, это движение распространяется от частицы к частице через посредство вторичных сферических волн подобно тому, как распространяется пожар. Может показаться странным и почти невероятным, что волнообразное движение, вызываемое столь малыми движениями и частицами, способно распространяться на такие огромные расстояния, как отделяющие нас от звезд. На это Гюйгенс отвечает: «Но это перестает быть удивительным, если принять во внимание, что бесконечное число волн, исходящих, правда, из различных точек светящегося тела, на большом расстоянии от него соединяются для нашего ощущения только в одну волну, которая, следовательно, и должна обладать достаточной силой, чтобы быть воспринятой». Это и есть принцип построения огибающей волны, сделавший бессмертным имя Гюйгенса» (Льоцци, 1970, с.150).

**27) Аналогия Христиана Гюйгенса.** Х.Гюйгенс (1657) создал свои маятниковые часы по аналогии с вариантом вечного двигателя, предложенным Яном Амосом Коменским (1639). Что же представляла собой машина, изобретенная Коменским, устройством которой воспользовался Гюйгенс в своих исследованиях? С.Михал в книге «Вечный двигатель вчера и сегодня» (1984) пишет: «Основной движущей силой «машинки» Коменского было три груза – на первых порах свинцовые, причем на модели с «перескакивающими» шарами они прикреплялись намертво. Своей тяжестью шары раскручивали шестеренки, поскольку вес их в разных местах колеса оказывался различным, а общий центр тяжести находился вне окружности колеса» (Михал, 1984, с.127). «Конечно, - поясняет С.Михал, - Коменский мечтал о широком применении своего устройства, однако недостаток материальных средств вынуждал автора ограничиваться постройкой лишь небольших моделей. Так, «машинка», созданная Коменским в 1639 г. с помощью его близкого друга, была высотой менее двух футов и обошлась изобретателю в два императорских талера. При этом необходимые ему шары – грузы Коменский в большинстве случаев вырезал из дерева сам, поскольку нам известно, что он был искушен во многих ремеслах. И лишь для изготовления латунных и медных колесиков он каждый раз подыскивал «опытного механика». На обратном пути из Англии в июне 1642 г. Коменский сделал остановку в Голландии, где раскрыл все секреты своего устройства тамошним специалистам в надежде с их помощью начать серийный выпуск своей «машинки» (там же, с.128). «Неоднократно уже, - отмечает С.Михал, - высказывалось предположение, что «машинка» Коменского оказала значительное влияние на развитие механики как науки. Копией сочинения 1639 г. располагал, например, голландский поэт и ученый Константин Гюйгенс (1597-1686), отец знаменитого Христиана Гюйгенса (1629-1695), одного из основателей современной физики и изобретателя нового типа маятниковых часов, предложенных им в 1657 г. Эти часы с маятником также имели три груза, в системе их зубчатых колес число три также играло большую роль и, что самое любопытное, сам изобретатель характеризовал их ход как *motus perennis*, или «постоянное движение». Гюйгенс ограничивал понятие постоянства еще в большей степени, чем Коменский, с сочинением которого, написанным в 1639 г., он, несомненно, познакомился в отцовской библиотеке» (там же, с.128).

**28) Аналогия Роберта Гука.** Английский ученый Роберт Гук (1674) вслед за Гюйгенсом сформулировал идею о волновой (колебательной) природе света по аналогии с волновой природой звука. О.Е.Акимов в статье «Кто открыл основы классической механики» (электронный сайт «Sceptic Ration» - «Скептический Разум») отмечает: «Еще и еще раз отстаивая свою позицию, Гук на заседании Королевского общества 11 марта 1674 года говорил: «Свет является колебательным движением или дрожанием среды, которое производится подобным же движением светящегося тела подобным путем, как звук обычно поясняется дрожащим движением среды, производимым дрожащим же движением звучащего тела. И подобно тому, как в звуке производятся различные гармоника с помощью пропорциональных колебаний, так и в свете производятся различные любопытные и приятные цвета вследствие пропорциональных и гармонических смешанных колебательным движений; первые ощущаются ухом, а вторые - глазом» (О.Е.Акимов, Интернет).

**29) Аналогия Исаака Ньютона.** Одной из посылок открытия Ньютоном (1675) закона тяготения, согласно которому сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами, была аналогия с законом силы света, в котором сила света также обратно пропорциональна квадрату расстояния между источником света и освещаемой поверхностью. П.С.Кудрявцев в книге «Курс истории физики» (1982) отмечает: «Гипотеза, что силовой центр действует с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния от него, вполне естественна и по существу высказана Ньютоном еще в его оптическом мемуаре 1675 года. Как освещение, создаваемое точечным источником, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника, так и действие силового центра, распространяясь на все

большую и большую поверхность, ослабевает обратно пропорционально квадрату расстояния от центра. Эта гипотеза подсказывалась геометрией» (Кудрявцев, 1982, с.109). Д.К.Самин в книге «100 великих научных открытий» (2006) пишет: «Но каким образом открыл Ньютон этот закон, для которого аналогия с падением яблока уже не могла иметь никакого значения? Сам Ньютон писал много лет спустя, что математическую формулу, выражающую закон всемирного тяготения, он вывел из изучения знаменитых законов Кеплера. Возможно, однако, что его работу в этом направлении значительно ускорили исследования, производившиеся им в области оптики. Закон, которым определяется «сила света» или «степень освещенности» данной поверхности, весьма схож с математической формулой тяготения. Простые геометрические соображения и прямой опыт показывают, что при удалении, например, листа бумаги от свечи на двойное расстояние степень освещения поверхности бумаги уменьшается, и притом не вдвое, а в четыре раза, при тройном расстоянии – в девять раз и так далее. Это и есть закон, который во времена Ньютона называли кратко законом «квадратной пропорции». Если говорить точнее, «сила света обратно пропорциональна квадратам расстояний». Весьма естественно для такого ума, как Ньютон, было попытаться приложить этот закон к теории тяготения» (Самин, 2006, с.22). Отметим, что аналогия с законом для силы света играла роль наводящего соображения (косвенного аргумента-подсказки), тогда как еще раньше Ньютон узнал о гипотезе зависимости силы тяготения от квадрата расстояния от Роберта Гука. Сам Гук пришел к этой гипотезе в 1675 году при чтении трактата Гюйгенса «Маятниковые часы». В этом трактате излагался открытый Гюйгенсом закон центростремительного ускорения  $W = 4\pi^2/T^2 * r$ . Здесь  $W$  – угловая скорость тела,  $\pi$  – отношение длины окружности к диаметру (3,14),  $T$  – период обращения тела,  $r$  – радиус орбиты. Р.Гук знал третий закон движения планет Кеплера, согласно которому квадраты обращения планет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца ( $T^2 = R^3$ ). Сопоставление закона Гюйгенса и закона Кеплера дедуктивно приводит к формуле тяготения  $F = M_1 * M_2 / R^2$ . Ньютон мог ознакомиться с гипотезой Гука о зависимости силы тяготения от квадрата расстояния через письма Гука и через его выступления в Лондонском королевском обществе. К сожалению, Ньютон всячески избегал ссылаться на приоритет Гука. С.Шульженко в статье «Евангелие от Гука» (журнал «Вокруг света», 01.06.2006 г.) пишет о времени, когда Ньютон стал президентом Лондонского королевского общества (прообраза академии наук): «А став президентом общества, Ньютон приложил максимум усилий, чтобы искоренить из его протоколов все упоминания о Гуке. И лишь по прошествии трехсот лет было доказано, что первые шаги к открытию закона всемирного тяготения Ньютон сделал в ходе переписки с Гуком» (С.Шульженко, 2006). Об этом же говорит А.А.Тяпкин в статье «О пионерском вкладе немецкого химика Иды Ноддак в открытие явления деления ядер урана» (доклад, сделанный на конференции в ОИЯИ Дубна в 2001 г.): «Например, говоря о создателе закона всемирного тяготения, упоминают обычно притчу об упавшем с дерева яблоке, забывая отметить, что Ньютону, который из-за холерной эпидемии вынужден был прекратить свои оптические опыты и покинуть Лондон, это упавшее яблоко могло лишь напомнить о недавнем докладе Роберта Гука в Лондонском королевском обществе, в котором была выдвинута идея о всемирном тяготении, управляющем движением небесных тел» (А.А.Тяпкин, 2001). В.И.Арнольд в книге «Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук» (1989) пишет о рукописи книги Ньютона «Математические начала натуральной философии»: «В рукописи Гук не был упомянут ни разу. Галлею, который был другом обоих, это не понравилось, и он убедил Ньютона вставить ссылку на Гука. Ньютон поддался на уговоры, но сделал это в весьма оригинальной форме» (Арнольд, 1989, с.18).

**30) Аналогия Исаака Ньютона.** Гипотеза Ньютона о том, что прямолинейное распространение света свидетельствует о его корпускулярной природе (данная гипотеза иногда называется теорией истечений), возникла у него по аналогии с прямолинейным распространением снарядов. «...Логический путь, - подчеркивает знаток истории физики Э.Мах, - который выбирают при этом различные исследователи, далеко не свободен от

случайностей. Сходство некоторых явлений света с водяными и звуковыми волнами приводит Гюйгенса к его теории света. Сходство света с полетом снарядов и недостаточное наблюдение дифракции... привели Ньютона к его теории истечений» (Мах, 2003, с.269). Корпускулярная теория света Ньютона в значительной степени опиралась на аналогию между светом и брошенным материальным телом очень малого размера, то есть на аналогию, которую использовал еще Декарт, а до него Алхазен. Причем Ньютон рассматривал корпускулярную теорию света не как гипотезу, а как результат экспериментальных данных. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) пишет о теоремах, использованных Ньютоном в его оптической теории: «Эти теоремы применялись для рассмотрения отражения и преломления света. Но это применение, спешит заверить Ньютон, не будет следствием какой-либо гипотезы о природе света, корпускулярной или иной, а вытекает лишь из установленной на опыте аналогии между траекторией этих малых телец и траекторией световых лучей. Действительно, наблюдения затмений спутников Юпитера показывают, что свет распространяется с конечной скоростью. Закон преломления Декарта-Снеллиуса совпадает с законом поведения указанных малых тел. Опыты Гримальди показывают, что лучи света притягиваются и погибают, проходя у острых углов тел. (...) В общем Ньютон пытался доказать, что корпускулярная структура света – не гипотеза, а результат экспериментальных данных. Хотя рассуждения Ньютона здесь и не очень убедительны, все же аналогия между движением малых телец и распространением света позволила Ньютону закончить книгу рядом предложений, полезных для построения линз» (Льоцци, 1970, с.134).

**31) Аналогия Исаака Ньютона.** Мысль Ньютона о том, что скорость волн на поверхности воды пропорциональна квадратному корню из их длины (теорема 37 третьей книги «Математические начала натуральной философии»), возникла по аналогии с законом колебаний маятника Г.Галилея. В законе колебаний маятника фиксируется зависимость периода его колебаний от длины нити подвеса. Подобно этому и в законе распространения волн на воде утверждается зависимость скорости распространения волн от их длины. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) отмечает: «Особенно ярко проявляется зависимость скорости распространения волн от их длины для волн на поверхности воды. Это было известно уже Ньютону. Теорема 37 третьей книги «Начал» гласит: «Скорость волн пропорциональна корню квадратному из длины их» (Филиппов, 1990, с.142).

**32) Аналогия Исаака Ньютона.** Ньютон (1671) пришел к заключению о существовании семи основных цветов радуги по аналогии с наличием семи основных нот музыкальной октавы. Ньютон считал, что гармония цветов должна быть подобной созвучию музыкальных тонов. Он даже пытался установить количественное сходство между интервалами музыкальной гаммы в пределах октавы и световыми интервалами перехода от одного цвета к другому, например, от фиолетового цвета к красному. Он очень высоко ценил эту музыкально-оптическую аналогию. Впоследствии она позволила ученым понять причину различия цветов (С.И.Вавилов, «Исаак Ньютон», 1989). А.В.Лебединский в книге «Гельмгольц» (1966) пишет о Ньютоне: «Происхождение цветов дискутировалось еще в 18 веке, но после Ньютона здесь было сделано очень мало. Как известно, Ньютон по аналогии со звуковой гаммой выделил семь основных цветов, из которых состоит белый цвет» (Лебединский, 1966, с.58). До Ньютона о существовании семи основных цветов говорил Франческо Мавролик (1494-1575). М.Льоцци в книге «История физики» (1970) констатирует: «Может показаться странным, но Мавролик был первым ученым, который точно указал семь цветов радуги, тогда как традиция, восходящая к Вителлию, различала в радуге лишь три цвета. Наконец, Мавролик первым начал исследование преломления света в призмах, установив, что при этом получаются те же цвета, что и в радуге» (Льоцци, 1970, с.58).

**33) Аналогия Исаака Ньютона.** И.Ньютон (1691) пришел к мысли о существовании двух сценариев развития Вселенной: 1) сценария сжатия Вселенной в результате притяжения всех

звезд друг к другу и 2) сценария расширения Вселенной вследствие ее бесконечности и удаления звезд друг от друга, руководствуясь аналогией. И.Ньютон мыслил по аналогии с фактом притяжения планет к Солнцу, считая, что если существует тяготение между планетами и Солнцем, то должно существовать и тяготение между звездами, образующими Вселенную. В книге «Открытие нашей Галактики» (1975) Ч.Уитни пишет о Ньютоне: «Он написал своему другу, преподобному Ричарду Бентли, немало писем с изложением своей космологии, и в одном из них мы находим следующее описание рождения звезд из слоя равномерно распределенного вещества: «Мне кажется, если бы вещество нашего Солнца и планет и все вещество Вселенной было равномерно рассеяно по всему пространству небес, а каждая частица обладала бы врожденным тяготением ко всем остальным, и все пространство, по которому рассеяно это вещество, было бы конечным, вещество снаружи этого пространства благодаря указанному тяготению всеключь бы ко всему веществу внутри и вследствие этого упало бы в середину всего пространства и образовало бы там одну огромную сферическую массу. Однако, если бы это вещество было равномерно распределено по бесконечному пространству, оно не могло бы соединиться в одну массу, но часть его сгущалась бы тут, а другая там, образуя бесконечное число огромных масс, разбросанных на огромных расстояниях друг от друга по всему этому бесконечному пространству» (Уитни, 1975, с.46-47). Другим основанием для идеи Ньютона о возможном расширении и сжатии Вселенной была аналогия с фактом расширения и сжатия газа, имеющего тот или иной объем. Теоретические размышления Ньютона о нестационарности Вселенной, изложенные в письме к Р.Бентли, подтвердились в исследованиях Э.Хаббла, установивших разбегание галактик.

**34) Аналогия Исаака Ньютона.** Ньютон пришел к идее о возможности превращения света в вещество по аналогии с тем, что вещество может превращаться в свет (при горении). Как пишет историк науки Б.М.Кедров в книге «Мировая наука и Менделеев» (1983), «большую роль в трудах Ньютона играл вопрос о природе света и о взаимодействии света с обычными телами. Ньютон рассматривал свет как вещество и соответственно этому считал, что свет и обычные тела могут превращаться друг в друга. Вопрос 30-й «Оптики» Ньютона начинается так: не обращаются ли большие тела и свет друг в друга и не могут ли тела получать значительную часть своей активности от частиц света, входящих в их состав. Ньютон допускал возможность положительного ответа на этот вопрос. «Превращение тел в свет и света в тела, - писал он, - соответствует ходу природы, которая как бы услаждается превращениями» (Кедров, 1983, с.58).

**35) Аналогия Эдмунда Галлея.** Э.Галлей пришел к выводу о наличии связи между северными (полярными) сияниями и такими явлениями, как электричество и магнетизм, когда заметил аналогию северных сияний со свечением, возникающим при истечении электричества от сильно наэлектризованного тела, а также аналогию наклона лучей северного сияния с наклоном магнитной стрелки в области возникшего сияния. А.Н.Крылов в статье «Северные сияния и магнитные бури» (УФН, 1993, апрель) пишет: «Более 200 лет тому назад Галлей обращал внимание на сходство явлений северного сияния и того свечения, которое наблюдается при истечении электричества от сильно наэлектризованного тела; он же обратил внимание, что когда сияние имеет вид свода, вершина этого свода находится в магнитном меридиане, наклон же лучей или полос близок к наклонению магнитной стрелки. Полярные мореплаватели первой половины прошлого столетия заметили отклонения в показаниях компаса и возмущения магнитной стрелки во время северных сияний...» (Крылов, УФН, 1993, с.3).

**36) Аналогия Готфрида Лейбница.** Готфрид Лейбниц (1686) пришел к выводу о том, что величина живой силы измеряется произведением массы на квадрат скорости, по аналогии с тем, что сила есть произведение массы на высоту падения, вызывающую эту скорость, а в формуле свободного падения Галилея высота пропорциональна квадрату скорости (путь,

проходимый телом, равен квадрату времени). До Лейбница к такому же выводу, а также к заключению о сохранении суммы произведений каждого тела на квадрат его скорости. М.Льюцци в книге «История физики» (1970) констатирует: «В упомянутой выше работе о соударении тел и в более явной форме еще раз в 1686 г. Гюйгенс выдвигает утверждение, что сумма произведений «каждого тела» на квадрат его скорости до и после удара остается неизменной. С этой теоремой сохранения был знаком и Лейбниц, который, сообщив о ней письмом Гюйгенсу, сделал ее предметом мемуара «Доказательство примечательной ошибки Декарта», опубликованного в 1686 г. в «Ученых записках». В этом мемуаре Лейбниц называет произведение «тела» на квадрат его скорости «живой силой» и противопоставляет его «мертвой силе», или, как мы бы ее назвали теперь, потенциальной энергии» (Льюцци, 1970, с.94). Об этом же пишет Б.И.Спасский в книге «История физики» (1977): «Сила, по Лейбницу, должна измеряться тем действием, которое она может произвести; таким действием является, например, поднятие тела вверх на определенную высоту. Но высота, на которую может подняться тело, пропорциональна не скорости, а квадрату скорости. Поэтому «сила» движущегося тела также пропорциональна квадрату его скорости» (Спасский, 1977, с.120).

**37) Аналогия Пьера Гассенди.** Пьер Гассенди высказал идею о существовании звуковых атомов по аналогии с идеей ряда ученых (например, Ньютона) о существовании световых корпускул. Как пишут историки науки У.И.Франкфурт и А.М.Френк, «атомизм Гассенди шел настолько далеко, что, зная об аналогии между многими свойствами света и звука, ученый допускал и существование звуковых атомов». Пожалуй, в идее Гассенди можно увидеть первое упоминание о квантах звука, относительно которых в 20-ом веке писал лауреат Нобелевской премии И.Е.Тамм.

**38) Аналогия Отто Герике.** О.Герике построил всасывающий воздушный насос, предназначенный для изучения безвоздушного пространства, по аналогии с пожарным нагнетательным насосом Ктезибия (Ктесибия), состоящим из деревянного цилиндра и кожаного поршня. Э.Л.Цыганкова в книге «У истоков дизайна» (1977) указывает: «Древнегреческие ученые Ктезибий и Герон применяли деревянный цилиндр с кожаным поршнем для нагнетания воды или воздуха. После изобретения клапана он превращается в насос, который впоследствии был описан Героном. Опыты Э.Торричелли, связанные с изучением безвоздушного пространства, породили идею всасывающего воздушного насоса. Такой насос и был построен немецким инженером Герике, использовавшим в качестве прототипа нагнетательный воздушный насос Ктезибия. Позже одна из его конструкций была детально разработана английским ученым Робертом Бойлем» (Э.Л.Цыганкова, 1977). В.П.Борисов в статье «Изобретение вакуумного насоса и крушение догмы «боязни пустоты» (журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 2002, № 4) отмечает: «До нас дошел рисунок пожарного насоса, изобретенного александрийским ученым Ктесибием (около 150 г. до н.э.). Водяной насос был по существу прообразом вакуумного поршневого насоса, появившегося спустя почти два тысячелетия» (В.П.Борисов, 2002). Другой исходной посылкой изобретения Герике была аналогия с опытами Берти и Маньяно с водяной барометрической трубой. Тот же В.П.Борисов в указанной статье констатирует: «Нам представляется, что поводом для работ Герике послужили, скорее всего, опыты Берти и Маньяно с водяной барометрической трубой, получившие известность не только в Риме, но и других городах Европы» (В.П.Борисов, 2002).

**39) Аналогия Иоганна Бернулли.** Иоганн Бернулли (1696) смог решить математическую задачу определения траектории движения материальной точки в поле сил, когда обнаружил аналогию между ней и задачей о распространении луча света в среде с непрерывно меняющимся показателем преломления, если последнюю решать, используя принцип Ферма. Б.И.Спасский в 1-ом томе книги «История физики» (1977) пишет: «В 1696 г. Иоганн

Бернулли, используя принцип Ферма, рассмотрел задачу о распространении луча света в среде с непрерывно меняющимся показателем преломления. Одновременно он показал, что математически эта задача не отличается от соответствующей задачи определения траектории движения материальной точки в поле сил. При этом он решил конкретную задачу о брахистохроне, т.е. нашел кривую наибыстрейшего падения материальной точки в поле силы тяжести. Таким образом, для решения механической задачи был впервые применен метод вариационных принципов, и впервые была отмечена аналогия между механикой и оптикой» (Спасский, 1977, с.199). «Я укажу, - пишет Бернулли, - что можно открыть удивительное совпадение между кривизной луча света в непрерывно изменяющейся среде и брахистохронной кривой» (цит. по: Спасский, 1977, с.199).

**40) Аналогия Пьера Мопертюи.** Пьер Мопертюи (1744) сформулировал принцип наименьшего действия в механике по аналогии с принципом наименьшего времени Ферма (1650) в оптике. С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) констатирует: «Использование оптики в чисто механических задачах навело на мысль попытаться выделить возможное множество траекторий для конкретной механической системы каким-нибудь условием минимальности, аналогичным принципу Ферма. Об этом думал Лейбниц, но первая формулировка принадлежит Мопертюи. Однако его построения касались всего мироздания в целом и не содержали точных утверждений» (Гиндикин, 2006, с.160). «В 1744 г., - аргументирует С.Г.Гиндикин, - Мопертюи предположил, что все законы движения и равновесия в природе могут быть выведены из того, что всякое движение происходит так, чтобы минимальное значение приняла некоторая величина – действие. Мопертюи отпирался от оптики (принцип Ферма), переходил к механике...» (там же, с.258).

**41) Аналогия Леонарда Эйлера.** Леонард Эйлер (1749) определил период свободных колебаний корабля на тихой воде по аналогии с колебаниями простого (механического) маятника, исследованными Г.Галилеем (1592).

**42) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер высказал предположение о существовании давления света по аналогии с существованием давления звука. Э.Уиттекер в книге «История теории эфира и электричества» (2001) отмечает: «...Эйлер много лет назад выразил мнение о том, что давление света в равной степени разумно ожидать как при корпускулярной, так и при волновой теории. «Поскольку, - писал он, - сильный звук вызывает не только колебательное движение частиц воздуха, но и реальное движение подвешенных в воздухе мелких частиц пыли, вряд ли подлежит сомнению то, что колебательное движение, созданное светом, вызывает подобный эффект» (Уиттекер, 2001, с.325).

**43) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер вывел математические уравнения упругих кривых, когда по аналогии перенес в теорию упругости (в область решения задач по определению деформации различных предметов) аппарат вариационного исчисления. Мысль об использовании вариационного исчисления в теории упругости ему подсказал Даниил Бернулли. Это как раз та подсказка, которая определила успех аналогии (переноса) Эйлера. С.П.Тимошенко в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957) повествует: «Даниил Бернулли (1700-1782) известен преимущественно как автор знаменитой книги «Гидродинамика», но он содействовал также и развитию теории упругих кривых. Он подал Эйлеру мысль использовать вариационное исчисление для вывода уравнений упругих кривых, указав ему в письме: «Поскольку никто не овладел в таком совершенстве мастерством изопериметрического метода (вариационного исчисления), как Вы, Вам легко будет решить задачу, в которой требуется, чтобы  $\int ds/r^2$  принял наименьшее значение». Приведенный здесь интеграл, как нам теперь известно, выражает, если не учитывать постоянного множителя, энергию деформации изогнутого бруса. Этим советом Эйлеру был

подсказан труд, на освещении которого мы остановимся в дальнейшем» (Тимошенко, 1957, с.40).

**44) Аналогия Леонарда Эйлера.** Мысль о возможности создания ахроматического объектива (телескопа и микроскопа, не дающего хроматической аберрации) возникла у Л.Эйлера (1747, 1762) по аналогии с рассуждениями современника И.Ньютона Д.Грегори о том, что человеческий глаз не дает хроматической аберрации. «На эту идею, - пишет историк науки В.А.Гуриков, - Эйлера натолкнули рассуждения Д.Грегори относительно ахроматизма глаза человека, состоящего из нескольких прозрачных сред с разной относительной дисперсией. Несмотря на неправильность таких рассуждений (глаз человека имеет хроматическую аберрацию), Эйлер делает правильный вывод о возможности создания ахроматического объектива из совокупности прозрачных сред с разной относительной дисперсией» (В.А.Гуриков, «Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения», 1981). Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) отмечает, что и сам Д.Грегори (1695) проводил аналогию между человеческим глазом и свойствами оптических линз. «В 1695 г., - пишет Дорфман, - Давид Грегори, руководствуясь аналогией с человеческим глазом, где двояковыпуклый хрусталик соприкасается с вогнуто-выпуклым стекловидным телом (две линзы с различными показателями преломления), предложил на этом принципе строить ахроматические оптические приборы. Эта идея впоследствии была независимо развита Эйлером (1747 г.) и осуществлена Джоном Доллондом в 1758 г. путем сочетания двояковыпуклой линзы из кронгласа с выпуклой линзой из флинтгласа» (Дорфман, 2007, с.213). Интересно, что Ньютон был уверен в неустранимости хроматической аберрации в телескопах, в связи с чем построил телескоп-рефлектор, в котором увеличенное изображение предметов дает не стеклянная линза, а отполированная металлическая поверхность.



«У северного угла портала, на ступеньках круглой церкви святого Жана, лежал маленький мягкий сверток, тихонько вздрагивающий и попискивающий. Впрочем, писк, наверное, заглушался ветром. Когда полицейский наклонился над ним, он увидел младенца в дорогом одеяльце. Мальчика нарекли Жаном Лероном (Жаном Круглым) по имени церкви, где его нашли. Уже став взрослым, он сам придумал себе имя: Жан Лерон Даламбер. По заведенному правилу подкидыша отправили в деревню».

Я.Голованов о Даламбере

**45) Аналогия Жана Лерона Даламбера.** Даламбер (1743) открыл знаменитый «принцип Даламбера», согласно которому все законы, теоремы и уравнения движения системы могут быть получены из законов, теорем и уравнений равновесия простым добавлением сил инерции к внешним силам, действующим на систему, следующим образом. Изучая уравнения движения и равновесия точки в эйлеровой записи (1740), Даламбер заметил, что уравнения движения материальной точки аналогичны уравнениям равновесия, если добавить к действующим на нее внешним силам силы инерции, равные произведению ее массы на ускорение. Обнаруженное в трудах Леонардо Эйлера сходство (аналогия) уравнений движения и равновесия и привело Даламбера к его принципу, позволяющему сводить все задачи динамики к задачам статики. До Даламбера это сходство подмечал Я.Бернулли. М.Льютци в книге «История физики» (1970) раскрывает значение открытой Даламбером аналогии между уравнениями движения материальной точки и уравнениями равновесия: «Отсюда следует, что каждая задача динамики может быть сведена в некотором смысле к

задаче равновесия, т.е. к статике. В действительности этот принцип был применен еще в 1703 г. Якобом Бернулли (1654-1705) при рассмотрении физического маятника и выводится из ньютоновской механики. Заслуга Даламбера состоит в том, что он увидел необычайную плодотворность этого принципа и поэтому основал свою динамику на этом принципе, принципе инерции и принципе параллелограмма сил» (Льоцци, 1970, с.154). Благодаря открытию Даламбера появилась возможность приложить к динамике весь хорошо разработанный аппарат математического исследования статики, сообщив мощный импульс развитию динамики систем.



«Изучая биографию Франклина, все больше и больше понимаешь, почему существует всеобщее уважение и преклонение перед этим большим человеком, которого народ Америки дал человечеству. В эпоху быстрого роста естественных наук каждая страна дала своего великого родоначальника науки – у нас это был Ломоносов, в Англии – Ньютон, в Италии – Галилей, в Голландии – Гюйгенс, во Франции – Декарт, в Германии – Лейбниц, в Америке – Франклин. Достижения этих больших ученых являются гордостью всего человечества».

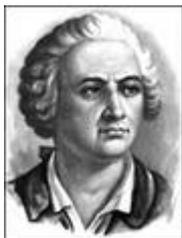
П.Л.Капица о Бенджамине ФранкLINE

**46) Аналогия Бенджамина Франклина.** Бенджамин Франклин (1750) высказал идею об электрической природе молнии по аналогии с электрической природой разрядов лейденской банки, изобретенной Питером Мушенбреком в 1746 году. Именно эта аналогия заставила Франклина придумать опыт, состоящий в том, чтобы запустить в небо бумажного змея и получить электричество при попадании молнии в этого змея. Но сам Франклин этот опыт не проводил. В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) пишет о ФранкLINE: «...Он первым доказал, что молния, с грохотом прорезающая небо, и искра, полученная с помощью лейденской банки, это одно и то же явление, только в разных масштабах. Нельзя сказать, что такая аналогия была очень уж новой» (Карцев, 1986, с.61). Здесь В.Карцев имеет в виду, что такая же аналогия приходила в голову Ньютону, однако это не умаляет заслуг Франклина. «Еще великий Ньютон, - отмечает В.Карцев, - писал в одном из своих писем в 1716 году: «Тот, кто копается в глубоких шахтах знания, должен, как и всякий землекоп, время от времени подниматься на поверхность подышать чистым воздухом. В один из таких промежутков я и пишу вам... Я много занимался замечательными явлениями, происходящими, когда приводишь в соприкосновение иголку с кусочком янтаря или смолы, потертой о шелковую ткань. Искра напомнила мне молнию в малых размерах...» (там же, с.61). Об аналогии Франклина пишет также М.Льоцци в книге «История физики» (1970): «Качественное сходство между электрической искрой и молнией было замечено сразу уже при первых экспериментах. Но применение лейденских банок позволило установить дополнительные сходные стороны: искра убивает животных, плавит металлы, вызывает запах фосфора. Франклин отмечает это сходство, но замечает также, что есть, по крайней мере, один факт, не позволяющий пока утверждать, что искра и молния – это одно и то же: электрический флюид притягивается острием, тогда как для молнии это не установлено. «Надо бы поставить опыт», записывает Франклин в своей записной книжке» (Льоцци, 1970, с.175). Е.Лебедев в книге «Ломоносов» (1990) говорит о той же аналогии: «В начале 18 века мысль о сродстве свечения и треска во время электрических экспериментов с молнией и громом во время гроз все настойчивее овладевала умами ученых. В 1716 году разрозненные догадки в этом направлении поддержал своим авторитетом великий Ньютон» (Лебедев, 1990, с.304). Вообще следует заметить, что у Франклина было больше оснований для проведения указанной аналогии, чем у Ньютона, так как Франклин в отличие от Ньютона было известно большое количество признаков, по которым электрическая искра и молния были похожи друг

на друга. В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) говорит о Франклине: «Вот что писал он 1 ноября 1749 года: «Электрическая жидкость имеет с молнией следующее сходство: 1. Дает свет. 2. Тот же цвет света. 3. Ломаное направление. 4. Быстрота движения. 5. Проводится металлами. 6. Создает трес или шум при взрыве. 7. Встречается в воде или во льду. 8. Разрывает предметы, через которые проходит. 9. Убивает животных. 10. Плавит металлы. 11. Зажигает легко воспламеняющиеся вещества. 12. Серный запах» (Карцев, 1986, с.63). Когда в 1752 году Бюффон, Далибар и Делор поставили соответствующий опыт и извлекли из вертикально воздвигнутого шеста искру во время прохождения грозовых облаков, у Франклина исчезли все сомнения в справедливости его аналогии. Независимо от Франклина догадку об электрической природе молнии высказывал французский ученый Шарль дю Фэй (1735). Если говорить о том, что каждому выводу по аналогии предшествует анализ, о важной роли которого писал С.Л.Рубинштейн, то нужно акцентировать внимание на том, что одной и той же аналогии предшествует разный анализ. У Ньютона он был менее полным, чем у Франклина. Степень полноты этого анализа зависит от количества сведений, которыми владеет ученый. Вместе с тем, ввиду того, что новые идеи возникают в условиях неполноты информации, любой анализ, предшествующий заключению по аналогии, отличается существенной неполнотой.

**47) Аналогия Шарля Франсуа Дюфе.** Ш.Ф.Дюфе (1735) независимо от Б.Франклина пришел к выводу об электрической природе молнии и грома, отталкиваясь от аналогии между электрическими искрами, получаемыми в ходе физических экспериментов, и молнией, которая имеет место в естественных условиях. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) отмечает: «В работе, опубликованной в 1735 г., Дюфе сообщает о подробном изучении электрического свечения и искр, и здесь он пишет: «...Возможно, что в конце концов удастся найти средства для получения электричества в больших масштабах и, следовательно, усилить мощь электрического огня, который во многих из этих опытов представляется (если можно сопоставлять нечто очень маленькое с чем-то очень большим) как бы одной природы с громом и молнией». Так впервые в науке была высказана мысль об электрической природе молнии и грома. «Электричество, - продолжает Дюфе (1737 г.), - оказывается универсальным свойством, распространенным по всем известной нам материи, и оно, вероятно, играет значительно большую роль в мировом механизме, чем мы предполагаем» (Дорфман, 2007, с.283).

**48) Аналогия Георга Рихмана.** Георг Вильгельм Рихман (1852) пришел к выводу о возможности изучать электрическую молнию в лабораторных условиях, в физическом кабинете, отталкиваясь от аналогии между молнией и лабораторным электричеством, получаемым с помощью лейденских банок. Е.Лебедев в книге «Ломоносов» (1990) указывает: «Рихман высказал весьма плодотворные мысли о том, что вследствие идентичности атмосферного и лабораторного электричества молнию в принципе можно изучать в физическом кабинете, и что существует неразрывная связь между электрическими и магнитными явлениями, что наэлектризованные тела окружены электрическими полями» (Лебедев, 1990, с.307).



«Вторая мачеха не взлюбила мальчика и делала все возможное для отвлечения его от книг и учения. Несомненно, этот семейный гнет и сильное влечение к знанию и наукам привели к тому, что Ломоносов в 19 лет покинул семью и отправился пешком в Москву, имея в кармане несколько рублей денег и паспорт».

А.Е.Арбузов о Ломоносове

**49) Аналогия Михаила Ломоносова.** Предположение Михаила Ломоносова (1751, 1753) об электрической природе северных сияний возникло по аналогии с электрической природой молнии, установленной Б.Франклином. До Ломоносова современник Ньютона Эдмунд Галлей высказывал мысль о магнитной природе полярных сияний, исходя из того, что во время этих сияний наблюдаются значительные колебания магнитной стрелки компаса. В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) пишет о Ломоносове: «Свечение плазмы родственно «сполохам или лучам» северного сияния – вот ответ Ломоносова на его же вопросы, казавшиеся риторическими» (Карцев, 1986, с.84). Е.Лебедев в книге «Ломоносов» (1990) указывает: «Объяснив причину гроз, то есть «явлений воздушных, от электрической силы происходящих», Ломоносов приступает к рассмотрению других «великих естественных чудес», теперь уже «вне оной», - северных сияний и комет. Впервые мысль об электрической природе северных сияний Ломоносов высказал еще за два года до того, на одном из заседаний Академического собрания. Почти одновременно с ним на эту тему размышляли Б.Франклин, англичанин Ж.Кэнтон и норвежский священник Э.Понтопидан. Ломоносов был знаком лишь с выводами Франклина...» (Лебедев, 1990, с.323). 26 ноября 1753 года Ломоносов выступил с официальным докладом о природе северного сияния. В этом докладе он основывался на подобии (анalogии) электрических разрядов, которые он наблюдал в лабораторных экспериментах, с теми световыми вспышками, которые характерны для северного сияния. Ломоносов говорит: «Возбужденная электрическая сила в шаре, из которого воздух вытянут, внезапные лучи испускает, которые во мгновение ока исчезают, и в то же почти время новые на их места выскакивают, так что непрерывное блистание быть кажется. В северном сиянии всполохи или лучи хотя не так скоропостижно происходят по мере пространства всего сияния, однако вид подобный имеют, ибо блистающие столпы северного сияния полосами от поверхности электрической атмосферы в тончайший или весьма в чистый эфир перпендикулярно почти простираются...» (Лебедев, 1990, с.323). Е.Лебедев резюмирует: «Вообще в том, что говорил Ломоносов 26 ноября 1753 года по поводу северных сияний, есть положения (из основных), которые выдержали проверку временем и уже не могут быть отменены. Это, во-первых, мысль о принципиальном сходстве сияний с газовым разрядом, и, во-вторых, утверждение, что они светятся выше атмосферы» (там же, с.324).

**50) Аналогия Михаила Ломоносова.** Михаил Ломоносов выдвинул гипотезу об электрической природе свечения кометных хвостов по аналогии с идеей Б.Франклина об электрической природе молнии и по аналогии со своей же гипотезой об электрической природе северных (полярных) сияний. Е.Лебедев в книге «Ломоносов» (1990) указывает: «В природе комет и сейчас не все ясно до конца. Тем ценнее те выводы Ломоносова, которые спустя более двух веков начинают получать неожиданные и замечательные подтверждения. Утверждая исключительно электрическую природу свечения хвоста кометы, Ломоносов говорил: «...Хвосты комет здесь почитаются за одно с северным сиянием, которое при нашей земле бывает, и только одною величиною разнятся. Подлинно, что, кроме доказательств предложенной теории, сии два явления удивительные сходства в знатнейших обстоятельствах имеют, так что их согласие вместо сильного довода служить может» (Лебедев, 1990, с.326).

**51) Аналогия Михаила Ломоносова.** М.Ломоносов склонился к заключению о возможном существовании связи между световыми и электрическими явлениями по аналогии с наличием связи между электричеством и молнией, установленной Б.Франклином. Выражением этой связи М.Ломоносов считал возможное различие характера преломления света в обычном стекле и в наэлектризованном стекле. Однако сам М.Ломоносов не смог поставить эксперимент, который обнаружил бы это различие. В.М.Дуков в статье «Развитие теории электромагнитного поля в трудах русских физиков до опытов Герца» (УФН, 1953, апрель) пишет: «Мысль о единстве материального субстрата электрических и световых явлений приводит Ломоносова к заключению о возможности обнаружения связи между этими

явлениями. В своей программе работ в области теории электричества он отмечает: «Надо сделать опыт, будет ли луч света иначе преломляться в наэлектризованном стекле и воде». Воззрения Ломоносова были развиты Эйлером. Наиболее отчетливое оформление они получили в знаменитых «Письмах к немецкой принцессе» (В.М. Дуков, УФН, 1953).

**52) Аналогия Жан-Жака де Мерана.** Французский физик и математик Жан-Жак де Меран (1733, 1746) сформулировал идею о космическом происхождении полярных сияний, о том, что северное сияние вызывается действием солнечной атмосферы, когда заметил следующее совпадение (аналогию): число крупных северных сияний в среднем соответствовало числу солнечных пятен. Лилия Алексеева в статье «Сполохи над Холмогорами», которая впервые была опубликована в сборнике «Полярный круг» (1986), указывает: «Французский ученый Ж.-Ж. де Меран объяснял сияние действием солнечной атмосферы на земную. И объяснение это было не на пустом месте. Де Меран обнаружил замечательный факт: среднее число мощных сияний, скажем, за год меняется так же, как среднее число солнечных пятен. Космос отчетливо заявлял о себе!» (Л.Алексеева, 1986). Об этом же пишет Е.Н.Лебедев в книге «Ломоносов» (1990): «Французский ученый Ж. де Меран в 1733 году познакомил научные круги со своими экспериментальными исследованиями, в результате которых обнаружилась любопытная связь: число крупных северных сияний в среднем соответствовало числу солнечных пятен. И вот спустя двадцать-тридцать лет Ломоносов вспоминает о работе Ж. де Мерана» (Лебедев, 1990, с.324). Реконструкция Л.Алексеевой и Е.Лебедева согласуется с описанием А.Чижевского, который в книге «Физические факторы исторического процесса» (Калуга, 1924) отмечает: «Периодичность солнцедельности открыта Ф.-Швабе (1851). В среднем арифметическом период этот, как было найдено позже, равен 11 годам и, следовательно, повторяется в столетие девять раз. Были сделаны также предположения, что, кроме одиннадцатилетнего периода солнцедельности, существует еще и другие – большие и меньшие 11 лет. Еще Де-Меран (1746) высказал мысль о больших периодах в деятельности Солнца и в развитии полярных сияний» (А.Чижевский, 1924).

**53) Аналогия Франца Эпинуса.** Ф.Эпинус (1758) высказал мысль о существовании связи между электричеством и теплотой, основываясь на обнаружении следующего сходства (аналогии) между этими явлениями: экспериментируя с прозрачным кристаллом турмалином, Эпинус совместно с Вильке обнаружил, что при неравномерном нагревании турмалина на его противоположных сторонах возникают электрические заряды. Во введении к «Опыту математической теории электричества и магнетизма» (1759) Эпинус сам рассказывает, как открытый им пироэлектрический эффект в турмалине натолкнул его на мысль о глубоком сходстве электрических и магнитных явлений. Ведь до этого только магнит имел всегда два полюса, а теперь и нагретый турмалин оказался обладателем дипольного эффекта. В.М.Дуков в книге «Электродинамика» (1975) отмечает: «В 1758 г. на торжественном «публичном акте» Петербургской академии Эпинус огласил свою работу «О сходстве электрической силы с магнитною». Основанием для «сходства» послужили опыты с турмалином. В Индии и на Цейлоне давно было известно, что помещенный в горячий пепел кристалл турмалина сначала притягивает частички пепла, а затем отталкивает их. Поэтому турмалин был назван «цейлонским магнитом». Кристалл заинтересовал исследователя. Опыты Эпинуса показали, что после нагревания турмалин получает способность притягивать и отталкивать легкие тела. Оказалось, что при этом на концах кристалла возникают электричества противоположных знаков. Нераздельность магнитных полюсов и автономия положительного и отрицательного электричества, по мнению физиков 18 в., размежевали электричество и магнетизм. Открытие электрических полюсов у турмалина рушило преграду между ними» (Дуков, 1975, с.22).

**54) Аналогия Франца Эпинуса.** Франц Эпинус (1759) пришел к выводу, что электрическая сила между двумя зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, по аналогии с законом тяготения Ньютона, в котором сила гравитационного притяжения между

двумя телами также обратно пропорциональна квадрату расстояния. Независимо от Эпинуса такую же аналогию проводили Даниил Бернулли, Джозеф Пристли (1766), Генри Кавендиш (1771), Д.Робайсон (1801), Шарль Кулон (1777). Последний воспользовался этой аналогией еще до того, как поставил опыт с крутильными весами и подтвердил свою догадку. Историк математики Д.Пойа в книге «Математика и правдоподобные рассуждения» (1975) пишет: «Эксперименты Кулона были деликатными, и расхождение между его теоретическими и экспериментальными числами было значительным. Мы не можем удержаться от подозрения, что без мощной аналогии закона Ньютона (закона обратного квадрата в гравитационном притяжении) ни сам Кулон, ни его современники не рассматривали бы его эксперименты с крутильными весами как окончательные» (Пойа, 1975, с.268). Аналогичная точка зрения на происхождение закона Кулона высказывается историком науки Д.К.Саминым, который в книге «100 великих научных открытий» (2006) отмечает: «Эпинус делает предположение: «...определить эти функциональные зависимости я пока что не решаюсь. Впрочем, если бы понадобилось произвести выбор между различными функциями, то я охотно утверждал бы, что эти величины изменяются обратно пропорционально квадратам расстояний. Это можно предположить с некоторым правдоподобием, ибо в пользу такой зависимости, по-видимому, говорит аналогия с другими явлениями природы» (Самин, 2006, с.40). Что касается Д.Пристли, то его аналогия основывалась на одном весьма интересном опыте В.Франклина. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе «Всемирной истории физики» (2007) констатирует: «Пристли первый обратил внимание на опыт, описанный Франклином, но не нашедший у него объяснения: пробковые шарики, подвешенные внутри металлического сосуда, не обнаруживали никакого воздействия со стороны стенок наэлектризованного сосуда. Франклин в беседе с Пристли предложил ему повторить этот опыт, что тот и сделал в конце 1766 г., качественно подтвердив результат. «Нельзя ли заключить из этого опыта, - замечает Пристли в последнем параграфе своей «Истории», - что электрическое притяжение подчиняется такому же закону, как и тяготение, т.е. оно изменяется пропорционально квадратам расстояния. Ведь легко доказать, что если бы Земля представляла собой полую оболочку, то тело, находящееся внутри нее, не притягивалось бы ни к одной из сторон» (Дорфман, 2007, с.293).

**55) Аналогия Франца Эпинуса.** Ф.Эпинус разработал феноменологическую теорию магнитостатических явлений по аналогии с феноменологической теорией электростатических явлений В.Франклина. Условия для понимания этой аналогии формировались в науке постепенно. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе «Всемирной истории физики» (2007) констатирует: «...Постепенно начинает все сильнее подчеркиваться некоторая аналогия между электростатическими и магнитостатическими явлениями, которая получает наиболее яркое выражение в теории Эпинуса» (Дорфман, 2007, с.303). Со слов Дорфмана, «успех феноменологической теории Франклина в области электричества явился движущим мотивом к поискам аналогичной теории для магнетизма, которая и была разработана Эпинусом. В своей теории магнетизма Эпинус опирался на аналогию между полярностью магнита и открытой им полярностью пироэлектрического турмалина. Он исходит из теории унитарной магнитной (или соответственно электрической) жидкости для объяснения обоих этих явлений и предполагает, что в намагниченном образце магнитная жидкость сконцентрирована вблизи одного из полюсов» (там же, с.304). «Подобно тому, - пишет Дорфман, - как Франклин в своей теории электричества не рассматривал вопроса об электрическом поле, так и Эпинус ограничился изложением явлений, происходящих по его представлению внутри магнита, оставив в стороне проблему природы магнитного поля» (там же, с.305).

**56) Аналогия Эрнста Хладни.** Э.Хладни (1787) пришел к идее о возможности наблюдать при определенных условиях звуковые фигуры, то есть распределение стоячих акустических волн, возникающих при вибрации пластинки, по аналогии со знаменитыми фигурами Лихтенберга – картиной поверхностного электрического разряда. А.И.Еремеева в статье

«Беспокойный гений Эрнста Хладни» (журнал «Природа», 2006, № 12) отмечает: «В 1771 г. были открыты знаменитые фигуры Лихтенберга – картина поверхностного электрического разряда, возникающая при проскакивании искры на пластинку из непроводящего материала (стекло), посыпанную непроводящим же порошком (смоляными крошками, например). Под впечатлением от этого открытия Хладни решил проверить, какова будет реакция гибких пластин с порошком, если провести смычком по их краю. Так в 1787 г. появились его знаменитые звуковые фигуры, которые он описал в своем первом научном сочинении «Открытия в теории звука» (Лейпциг, 1787; репринтное издание в 1980 г.). Они показали распределение стоячих волн, возникающих при вибрации пластинки, и стали в дальнейшем эффективным методом изучения собственных колебаний диафрагм различных акустических приборов» (А.И.Еремеева, 2006). Таким образом, идея Хладни о существовании звуковых фигур возникла по аналогии с фигурами Лихтенберга – картинами распределения искровых каналов, стелющихся на поверхности твердого диэлектрика при так называемом скользящем искровом разряде. Интересно, что нечто подобное фигурам Хладни наблюдал еще Леонардо да Винчи. Г.К.Михайлов в статье «Леонардо да Винчи, кто он?» (журнал «Природа», 2004, № 9) указывает: «Он обнаружил резонансное возбуждение колебаний в колоколах, появление волновых картин на покрытых мелкой пылью вибрирующих пластинах, - явления, которые были описаны лишь в VII и VIII вв.» (Г.К.Михайлов, 2004).

**57) Аналогия Шарля Кулона.** Шарль Кулон открыл математический закон кручения, согласно которому момент упругих сил, возникающий при кручении нити, пропорционален углу кручения, по аналогии с законом Роберта Гука (1660) для силы упругости, в котором сила упругости пропорциональна величине деформации.

**58) Аналогия Шарля Кулона.** Шарль Кулон пришел к выводу о том, что частота колебаний наэлектризованной стрелки, колеблющейся в горизонтальной плоскости, зависит от интенсивности действующей на нее электрической силы, в результате чего по числу колебаний стрелки в секунду можно найти эту силу, по аналогии с тем, что частота колебаний маятника зависит от величины силы тяжести в данном месте. Эта аналогия позволила Кулону разработать новый метод измерения магнитной силы стального острья. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) отмечает: «...Кулон прибег к новому оригинальному методу измерения малых сил, примененному уже ранее для измерения магнитной силы стального острья. Этот метод оказался весьма эффективным и известен сейчас как «метод колебаний». Он основан на том факте, что, подобно тому, как частота колебаний маятника зависит от величины силы тяжести в данном месте, так же и частота колебаний наэлектризованной стрелки, колеблющейся в горизонтальной плоскости, зависит от интенсивности действующей на нее электрической силы, так что по числу колебаний в секунду можно найти эту силу» (Льоцци, 1970, с.189).

**59) Аналогия Луиджи Гальвани.** Луиджи Гальвани (1786) выдвинул гипотезу о существовании «животного» электричества на основании вероятного сходства (анalogии) между мышцей лягушки и лейденской банкой. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) отмечает: «Разнообразно варьируя условия опыта, Гальвани пришел к выводу, что им открыто некое принципиально новое биофизическое явление. Он заключил, что источником электричества в этих опытах является сам животный организм, и попытался объяснить его посредством предположения, что мускулы лягушки по своему внутреннему строению подобны лейденской банке – внутренность мускула будто бы заряжена противоположно его поверхности (что соответствует внешней и внутренней обкладкам банки)» (Дорфман, 2007, с.297).

**60) Аналогия Алессандро Вольты.** А.Вольты (1780) склонился к мысли о том, что причиной электризации облаков, то есть источником атмосферного электричества, является

электризация воды при нагревании и испарении, по аналогии со следующим опытом. Вольта испарял в металлическом сосуде воду и показал, что водяной пар заряжается положительным электричеством, а металлический сосуд – отрицательным. Такую же аналогию проводили П.Лаплас и Л.Лавуазье. В настоящее время считается, что испарение водяного пара не является единственной причиной атмосферного электричества. Тем не менее, эксперимент А.Вольты используется во многих изобретениях. Б.Н.Воронцов-Вельяминов в книге «Лаплас» (1985) повествует: «В марте 1780 года Париж посетил Вольта. В связи с исследованием атмосферного электричества он демонстрировал в Академии следующий опыт. Он испарял в сосуде воду и доказал, что водяной пар заряжается положительным, а металлический сосуд отрицательным электричеством. Одновременно с ним эти опыты произвели Лаплас и Лавуазье, и можно считать, что все трое одновременно и совместно явились первыми исследователями происхождения атмосферного электричества. Через шестьдесят три года их опыт был повторен гениальным Фарадеем» (Воронцов-Вельяминов, 1985, с.13).

**61) Аналогия Алессандро Вольта.** Алессандро Вольта (1786) пришел к выводу о том, что причиной возникновения электричества, заставляющего сокращаться лапки лягушки в опыте Гальвани, является контакт двух разнородных металлов, следующим образом. Ему были известны опыты физика Жана Зульцера, который в 1752 году обнаружил появление ощущения кислого вкуса при наложении на язык двух разнородных металлов, соединенных проволокой. «Я имел честь, - пишет Вольта о Зульцере, - знать и поддерживать дружеские отношения с самим любезным швейцарским физиком и знаменитым берлинским академиком. В последние годы жизни, а его нет с нами уже дюжину лет, он составил себе представление о вкусовом действии двух металлов. Но он совершенно превратно понимал суть дела...». Кроме того, собственные опыты убедили его в том, что кислое ощущение появляется, когда подносишь к языку два полюса от электрической машины. Считая, что если равны следствия, то равны и причины, их вызывающие, Вольта по аналогии решил, что контакт двух разных металлов является действительной причиной электричества. В.Азерников в книге «Великие открытия» (2000), которая является переработанным вариантом его же книги «Неслучайные случайности» (1972), пишет об опыте Зульцера: «Правда, что касается именно этого опыта, то он не был для научного мира абсолютно новым: еще в 1752 году его описал немецкий физик Зульцер. Но он не дал ему никакого толкования, просто сообщил о любопытном явлении, и поэтому, наверное, особого интереса оно не вызвало. Когда же об этом опыте сообщил Вольта, резонанс был совершенно другим. Это было уже не просто занятное наблюдение – это был мощный аргумент в споре, за которым следила вся Европа, потому что Вольта после этого задал вполне резонный вопрос: если кислое ощущение вызывается двумя металлами и такое же действие наблюдается, когда подносишь к языку два полюса от электрической машины, то не логично ли предположить, что если равны следствия, то равны и причины, их вызывающие. То есть в случае с металлами также имеет место образование электричества» (Азерников, 2000, с.37). Об этом же пишет Я.Г.Дорфман в первом томе «Всемирной истории физики» (2007): «Вслед за тем Вольта заинтересовался книгой немецкого математика Зульцера под заглавием «Теория приятных и неприятных ощущений». В ней описывался следующий эксперимент. Если соединить краями две пластинки из различных металлов (например, медь и цинк) и слегка зажать между ними кончик языка, то возникает резкое вкусовое ощущение, напоминающее вкус купороса. Если пластинки не соприкасаются друг с другом или же если они состоят из одного и того же вещества, то этот физиологический эффект не наблюдается. Вольта повторил этот эксперимент с помощью оловянной и серебряной пластинок, соединявшихся между собой посредством медной проволоки. Приложив одну из пластинок ко лбу, а вторую к небу, Вольта получил зрительное ощущение – яркую вспышку при соединении пластин» (Дорфман, 2007, с.298).

**62) Аналогия Луи Лагранжа.** Луи Лагранж (1788) пришел к идее о необходимости ввести принцип виртуальных скоростей (принцип возможных перемещений) в динамику по аналогии

с эффективным использованием данного принципа в статике. Основанием для переноса данного принципа из статики в динамику явилась формулировка в динамике «принципа Даламбера», позволяющего сводить задачи динамики к задачам статики. Б.И.Спасский в 1-ом томе книги «История физики» (1977) констатирует: «После сведения задачи динамики к задаче статики к последней можно применить принцип возможных перемещений и, таким образом, привести механическую задачу к задаче математической» (Спасский, 1977, с.197). В теории равновесия механизмов (статике) принцип виртуальных скоростей берет свое начало с принципа равновесия рычага Архимеда. Согласно принципу рычага, усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления груза при помощи рычага, во столько раз меньше веса этого груза, во сколько раз длина «плеча» рычага, на которое он действует, больше длины плеча, на котором висит груз. Как указывает историк науки И.Б.Погребысский, «Лагранж начинает с указания, что общий закон равновесия машин состоит в том, что отношение сил обратно отношению скоростей точек, к которым они приложены, причем скорости должны измеряться по направлению сил. Это положение, взятое в общем виде, и составляет принцип виртуальных скоростей, который можно рассматривать как аксиому механики» (И.Б.Погребысский, «От Лагранжа к Эйнштейну», 1966). Частные случаи принципа возможных перемещений были известны Леонардо да Винчи, Бенедетти, Стевину, Галилею, Гвидо Убальдо дель Монте, братьям Бернулли, Даламберу. Сам Лагранж признает, что Убальдо открыл закон виртуальных скоростей на полиспасте. С.Г.Гиндикин пишет о том, как Лагранж дополнил известные принципы статики принципом возможных перемещений: «К ним еще присоединяется принцип виртуальных (возможных) скоростей (его теперь чаще называют принципом виртуальных перемещений или виртуальных работ), который восходит к Галилею и разрабатывался Стевином, братьями Бернулли, Даламбером. Принцип состоит в том, что в условиях равновесия равна нулю работа всех сил на любых бесконечно малых перемещениях, совместимых со связями, наложенными на элементы механической системы. Лагранж лишь записывает это условие в виде аналитического уравнения и стремится доказать не только работоспособность принципа, что уже было сделано другими, но прежде всего его универсальность, достаточность для обоснования всей статики» (Гиндикин, 2006, с.283).

**63) Аналогия Луи Лагранжа и Пьера Лапласа.** Л.Лагранж и П.Лаплас (1780) ввели в математическую теорию тяготения понятие потенциальной функции по аналогии с использованием данного понятия Даламбером и Эйлером в гидродинамике. И.Б.Погребысский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) отмечает: «...В 18 веке появляется понятие потенциальной функции (сначала в гидродинамике – у Даламбера и Эйлера в 1740-1750 гг., затем в теории тяготения – у Лагранжа и Лапласа в 1770-1780 гг.), стало быть, представление о поле, а это уже путь к устранению дальнего действия. Но силовая функция у Лагранжа и его современников была только удобным средством для компактной трактовки сил, и пространство вокруг притягивающих масс оставалось чисто геометрическим понятием» (Погребысский, 1966, с.76). Об этом же пишет В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975): «Впервые в истории уравнение Лапласа появляется в 1755-1756 гг. в работе Эйлера и выражает там условие несжимаемости при рассмотрении потенциального движения однородных несжимаемых жидкостей. Эйлер рассматривает вначале случай плоского стационарного движения» (Сологуб, 1975, с.17). «Таким образом, - подчеркивает В.С.Сологуб, - если ставить вопрос о приоритете введения уравнения Лапласа, то его, безусловно, приходится констатировать за Эйлером. Это же относится и к введению понятия потенциальной функции вообще, а не только в смысле силовой функции» (там же, с.18). Таким образом, Лагранж и Лаплас построили математическую теорию потенциала для гравитационных сил по аналогии с математической теорией потенциала для гидродинамических скоростей, изложенной Даламбером и Эйлером. Интересно, что позже Пуассон перенес понятие потенциальной функции в теорию электричества, Грин – в теорию упругости, Фурье – в теорию теплопроводности, а Гиббс – в термодинамику. «В 1785 г., - указывает В.С.Сологуб, - Кулон открыл закон взаимодействия

электрических и магнитных точечных зарядов, оказавшийся аналогом закона всемирной гравитации Ньютона. В связи с этим учение о потенциале в начале 19 столетия постепенно проникает в электростатику и теорию магнетизма (Пуассон, Грин, Гаусс). Здесь это учение развивается дальше, а в работах Грина и Гаусса закладываются основы современной теории потенциала» (Сологуб, 1975, с.29).

**64) Аналогия Луи Лагранжа.** Л.Лагранж создал математический метод вариации произвольных постоянных для решения ряда задач небесной механики, в том числе для вычисления планетных орбит, по аналогии с исследованиями Л.Эйлера, который одним из первых стал использовать метод вариации произвольных постоянных для расчета элементов возмущенной орбиты небесного тела. И.Б.Погребысский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) указывает: «После появления «Аналитической механики» (1788) первые существенно новые результаты были получены в связи с методом вариации произвольных постоянных, который долгое время развивался лишь в рамках небесной механики. И в этом вопросе начало, по-видимому, положено Эйлером. В одной из работ (1748) Эйлер получил дифференциальные уравнения первого порядка для двух элементов возмущенной орбиты (наклонения и долготы узла), варьируя постоянные, выражающие эти элементы в невозмущенной орбите. Этот метод для расчета элементов возмущенной орбиты был использован самим Эйлером в других его работах по небесной механике, затем он был применен Лагранжем...» (Погребысский, 1966, с.176). Примечательно, что в дальнейшем лауреат Нобелевской премии по физике П.Дирак по аналогии перенес метод вариации произвольных постоянных из небесной механики в квантовую механику. Если в руках Лагранжа этот метод служил для расчета элементов планетных орбит, то в руках Дирака этот метод стал использоваться для расчета орбит электрона, движущегося вокруг ядра атома. В частности, Дирак нашел коэффициенты математических формул, описывающих элементы электронных орбит атома в рамках метода вариации произвольных постоянных, по аналогии с коэффициентами, входящими в формулы, которые описывают элементы планетных орбит в рамках того же метода вариации произвольных постоянных. Эти коэффициенты получили название скобок Пуассона, хотя сам Пуассон вывел указанные формулы путем обращения исходных формул Лагранжа, в которых также присутствуют коэффициенты, которые можно было бы назвать скобками Лагранжа. Другими словами, Дирак открыл скобки интегрирования в теории возмущений электронных орбит по аналогии со скобками интегрирования Пуассона в теории возмущений планетных орбит.



«Разрешить, уничтожить малейшие противоречия между теорией тяготения и наблюдаемыми явлениями, устранить малейшие сомнения во всеобщности и строгости этих законов, сделать астрономию точнейшей из наук, какой она в скором времени и стала, - вот что волновало ум Лапласа, чему он в основном служил всю жизнь и чему были подчинены все остальные его стремления».

Б.Н.Воронцов-Вельяминов о Пьере Лапласе

**65) Аналогия Пьера Лапласа.** Пьер Симон Лаплас (1787) пришел к идее о том, что причиной векового ускорения Луны является изменение орбиты Земли, по аналогии с тем, что причиной векового ускорения спутников Юпитера является изменение орбиты Юпитера. В книге Д.К.Самина «100 великих ученых» (2002) имеются следующие слова Лапласа: «Занимаясь теорией спутников Юпитера, - пишет Лаплас, - я обнаружил, что вековые изменения эксцентриситета орбиты Юпитера должны производить вековые неравенства в их средних движениях. Я поспешил применить этот результат к Луне и обнаружил, что вековые изменения эксцентриситета земной орбиты вызывают в среднем движении Луны как раз

такое неравенство, какое было обнаружено астрономами...» (Самин, 2002, с.158). Заключение Лапласа о периодичности ускорений Луны и колебаний орбиты Земли было подсказано ему аналогией с периодичностью ускорений спутников Юпитера и колебаний орбиты данной планеты-гиганта.

**66) Аналогия Пьера Лапласа.** Лаплас (1787) пришел к выводу о долгопериодичности ускорения Юпитера, замедления Сатурна и ускорения Луны по аналогии с фактом долгопериодичности изменения наклона планетных орбит к орбите Земли. Этот факт был обнаружен Луи Лагранжем (Б.А.Воронцов-Вельяминов, «Лаплас», 1985). Указанная аналогия, проведенная Лапласом, позволила ему математически доказать устойчивость Солнечной системы. Эту устойчивость ставил под сомнение И.Ньютон, который утверждал о неизбежности грядущего распада Солнечной системы. Весьма подробное описание истории этих исследований Лапласа дает И.А.Тюлина, которая отмечает: «В вопросе установления вековых или долгопериодических неравенств в движении планет первенство, бесспорно, принадлежало Лагранжу. Еще, будучи в Берлине в 1774 году, Лагранж отправил свою научную работу по этой проблеме в Парижскую академию наук. С рукописью познакомился работавший там Лаплас. Отточенный, как обычно, метод решения этой задачи Лагранжем очень понравился Лапласу. Лаплас воспользовался этим методом и распространил его для изучения размеров и форм планетных орбит, тогда как Лагранж ограничился рассмотрением наклона планетных орбит к орбите Земли и положения линий пересечения этих орбит» (И.А.Тюлина, «Жозеф Луи Лагранж», 1977).

**67) Аналогия Пьера Лапласа.** Лаплас нашел дифференциальные уравнения, описывающие океанические приливы и отливы, вызванные гравитационным действием Луны, по аналогии с уравнениями Даламбера, выражающими перемещения воздушных масс. Эти уравнения Даламбера были представлены в его сочинении «Размышления о причинах ветров» (Б.А.Воронцов-Вельяминов, «Лаплас», 1985). После того, как Лаплас математически рассмотрел притяжение водных масс к Луне, он вновь вернулся к вопросу о притяжении воздушной атмосферы к той же Луне, надеясь зафиксировать это явление с помощью барометра, но указанный прибор оказался недостаточно чувствительным для достижения данной цели. Ф.Араго в книге «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» (2000) указывает: «Великий геометр, изучивший движения океана, не мог не обратить своего внимания на приливы и отливы земной атмосферы и не подвергнуть строгой математической оценке общепринятых мнений о влиянии Луны на барометр и на другие метеорологические явления. Этому предмету Лаплас посвятил целую главу своего великого творения и из своих исследований вывел, что в Париже лунный прилив, по своей малости, не может быть измерен барометр» (Араго, 2000, с.179).

**68) Аналогия Пьера Лапласа.** Лаплас (1796) пришел к выводу о том, что на начальных стадиях эволюции Солнечной системы наше светило было окружено обширной газо-пылевой туманностью (атмосферой), по аналогии с астрономическими исследованиями В.Гершеля, который обнаружил яркие звездообразные ядра, окруженные блестящей туманной массой, блеск которой плавно ослабевал с удалением от этого ядра. Некоторые звезды, например главные звезды в скоплении Плеяд, оказались окруженными слабо светящимся веществом (Б.А.Воронцов-Вельяминов, «Лаплас», 1985).

**69) Аналогия Пьера Лапласа.** Лаплас (1796) высказал предположение об образовании из вещества первичной звездной туманности концентрических газовых колец, конденсировавшихся затем в планеты, по аналогии с существованием концентрических газовых колец у Сатурна. «...Важнейшей чертой космогонической гипотезы Лапласа, - пишет Воронцов-Вельяминов, - являются концентрические газовые кольца, возникшие при вращении первичной туманности, и мысль о них была навеяна Лапласу наблюдением

подобного кольца у Сатурна. Поэтому ему, может быть, следовало сознаться в том, что его гипотеза опиралась на существование колец Сатурна, а не приводить их существование как подтверждение его гипотезы о концентрических кольцах!» (Б.А.Воронцов-Вельяминов, «Лаплас», 1985).

**70) Аналогия Пьера Лапласа.** Лаплас (1796) выдвинул догадку о существовании массивных небесных тел, поверхность которых не может покинуть даже свет, по аналогии с идеей Ньютона о притяжении света массивными телами, об искривлении траекторий света при прохождении вблизи небесных тел с большой силой тяготения. Таким образом, Лаплас задолго до появления теории Шварцшильда, постулирующей неизбежность попадания некоторых световых лучей в гравитационную ловушку массивных космических объектов, предсказал так называемые «черные дыры». С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) констатирует: «Недавно ученые имели возможность еще раз оценить прозорливость Лапласа. В «Изложении системы мира» приводится доказательство того, что «сила притяжения небесного тела могла бы быть столь велика, что от него не будет исходить свет». Это произойдет, если у тела будет та же плотность, что и у Земли, а диаметр равен 250 диаметрам Солнца. (...) Таким образом, Лаплас был первым, кто обратил внимание на возможность существования «черных дыр» (Гиндикин, 2006, с.325). Лаплас был убежден, что тяготение действует на свет по аналогии с тем, как оно действует на другие тела. И.Новиков в книге «Черные дыры и Вселенная» (1985) говорит о предсказании Лапласом невидимых небесных тел: «Предсказание было сделано в его книге «Изложение системы мира», вышедшей в 1795 году. В этой книге, которую мы бы сегодня назвали популярной, знаменитый математик ни разу не прибегнул к формулам и чертежам. Глубокое убеждение П.Лапласа в том, что тяготение действует на свет точно так же, как и на другие тела, позволило ему написать следующие знаменательные слова: «Светящаяся звезда с плотностью, равной плотности Земли и диаметром в 250 раз больше диаметра Солнца, не дает ни одному световому лучу достичь нас из-за своего тяготения; поэтому возможно, что самые яркие небесные тела во Вселенной оказываются по этой причине невидимыми» (И.Новиков, 1985).

**71) Аналогия Пьера Лапласа и Симона Пуассона.** Лаплас построил теорию капиллярности в результате того, что по аналогии перенес в нее концепцию Бошковича, согласно которой между двумя мельчайшими частицами при некоторых значениях расстояния действуют силы притяжения, а при других значениях расстояния – силы отталкивания. С.Пуассон перенес концепцию Бошковича в теорию упругости. С.П.Тимошенко в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957) указывает: «Еще со времени Ньютона существовало убеждение в том, что свойство упругости тел может быть объяснено силами притяжения и отталкивания, действующими между мельчайшими частицами этих тел. Это представление было развито Бошковичем, который ввел предположение, что между каждыми двумя неделимо-мельчайшими частицами тела по соединяющей их прямой действуют силы, обнаруживающие себя как притяжение при некоторых определенных значениях расстояния между частицами, и как отталкивание при других значениях этого расстояния, причем существуют некоторые расстояния равновесия, при которых эти силы исчезают. Воспользовавшись этой теорией и дополнив ее требованием, чтобы молекулярные силы быстро уменьшались с увеличением расстояний между молекулами, Лаплас получил возможность построить свою теорию капиллярности. К исследованию деформаций упругих тел теорию Бошковича применил впервые Пуассон при изучении изгиба пластинок. Он рассматривает пластинку как систему частиц, распределенных в срединной плоскости пластинки» (Тимошенко, 1957, с.129).

**72) Аналогия Румфорда и Дэви.** Граф Румфорд и Гемфри Дэви пришли к идее о том, что тепло есть колебательное движение частичек тела, по аналогии с волновой теорией света, где

свет представлен как колебательное движение. Другой посылкой было то, что свет и теплота взаимно связаны между собой: огонь сопровождается теплом и светом, получить огонь можно концентрацией солнечных лучей в линзах и зеркалах (Я.М.Гельфер, «История и методология термодинамики и статистической физики», 1969).



«Юнг был одним из наиболее дальновидных и проницательных людей, которые когда-либо жили, но он имел несчастье быть много выше своих современников. Они взирали на него с изумлением, но не в состоянии были следовать за смелым полетом его мысли, потому множество его идей было забыто и погребено в огромных томах трудов Королевского общества»

Герман Гельмгольц о Томасе Юнге

**73) Аналогия Томаса Юнга.** Томас Юнг (1801) сформулировал идею о волновой природе света по аналогии с волновым характером распространения звука. Г.М.Голин и С.Р.Филонович в книге «Классики физической науки» (1989) отмечают: «Во время пребывания в Кембридже Юнг занялся исследованием акустических и оптических явлений (интерес к акустике был связан с любовью к музыке – Юнг играл практически на всех музыкальных инструментах того времени). Аналогия между многими явлениями акустики и оптики убедила его в справедливости волновых представлений о свете» (Голин, Филонович, 1989, с.286).

**74) Аналогия Томаса Юнга.** Томас Юнг (1801) высказал гипотезу о существовании интерференции света, о том, что одни световые волны, сталкиваясь с другими световыми волнами, могут создавать темноту, по аналогии с наличием интерференции волн на поверхности воды, когда столкновение двух одинаковых водяных волн приводит к их взаимному уничтожению. Также Т.Юнг руководствовался аналогией с явлением интерференции звуковых волн, при которой наблюдается усиление и ослабление звука при сложении звуковых колебаний. Интерференция водяных волн была известна еще И.Ньютону с момента его работы над объяснением морских приливов и отливов. Об этой интерференции Ньютон писал в «Математических началах натуральной философии» (1687), ссылаясь на наблюдения Э.Галлея. «Но две большие воды, - говорит Ньютон в «Математических началах», - дают при своем соединении высокую воду в некоторое промежуточное время, высокая и малая вода производят некоторую среднюю высоту воды в промежутке между ними и, наконец, между двумя малыми водами вода имеет наименьшую высоту...» (Дорфман, 2007, с.13). Со слов Дорфмана, «этот отрывок Юнг сам приводит в качестве иллюстрации в одной из своих статей, и можно предполагать, что именно эти соображения Ньютона явились первой вехой на эвристическом пути Юнга к открытию интерференции» (там же, с.13). Таким образом, предположение Т.Юнга об интерференции световых волн возникло по аналогии с интерференцией водяных волн. Об этом же говорит М.Льоцци в книге «История физики» (1970), касаясь творчества Т.Юнга: «Он несколько раз приводит цитату из 24-го предложения третьей книги «Начал» Ньютона, в которой аномальные приливы, наблюдавшиеся Галлеем на Филиппинском архипелаге, объясняются Ньютоном как результат наложения волн. Исходя из этого отдельного примера, Юнг вводит общий принцип интерференции» (Льоцци, 1970, с.199). Реконструкция Я.Г.Дорфмана и М.Льоцци подтверждается описанием И.Л.Радунской, которая в книге «Крушение парадоксов» (1971) указывает: «Юнг упоминает о том месте из третьей книги знаменитого труда Ньютона – «Математические начала натуральной философии», где говорится о работах астронома Галлея, наблюдавшего аномально высокие приливы, возникающие в некоторых местах Филиппинского архипелага. Ньютон объясняет

их взаимным наложением приливных волн. Хорошему артисту достаточно одного слова суфлера, чтобы свободно провести сложный монолог, конечно, если артист достаточно подготовлен к роли предыдущей самостоятельной работой. Юнг был готов! Частный пример, относящийся к столь далекой от оптики теории приливов, был толчком, породившим лавину» (И.Л.Радунская, 1971).

**75) Аналогия Томаса Юнга.** Томас Юнг (1801) сформулировал идею о наличии в сетчатке глаза трех светочувствительных элементов, воспринимающих три основных цвета: красный, желтый и голубой и получающих все остальные цвета радуги за счет синтеза этих трех основных цветов, по аналогии с опытом живописцев. Последние на практике установили возможность получения прочих цветов путем смешения красного, желтого и голубого цвета. С другой стороны, в рассуждениях Юнга присутствовали и элементы дедукции. Юнг рассуждал: существует огромное множество волнообразных движений света, соответствующих различным цветам. Если представить, что количество светочувствительных элементов в сетчатке глаза соответствует количеству всех имеющихся цветов радуги, то этих светочувствительных элементов должно быть бесконечное множество. Однако такое бесконечное множество элементов невозможно представить, следовательно, число этих элементов должно быть минимальным. Подобное рассуждение Юнга описывается в книге В.Карцева «Максвелл» (1976): «19 век, век Максвелла, начался для теории цветов Юнгом. В своей лекции 12 ноября 1801 года «О теории цветов» он подтвердил: основных цветов – три: красный, желтый, голубой. Доказательство носило скорее физиологический и спекулятивный характер. «Почти невозможно представить, что каждая чувствительная точка сетчатки содержит бесконечное число частиц, каждая из которых способна колебаться в унисон с любым возможным «волнообразным движением» (Карцев, 1974, с.114).

**76) Аналогия Огюстена Френеля.** О.Френель пришел к выводу, что энергия, принесенная на поверхность раздела двух сред падающим светом, равна энергии, унесенной с поверхности раздела поглощенным и отраженным светом, когда по аналогии перенес в оптику принцип сохранения динамической энергии, взятый из механики. Э.Уиттекер в книге «История теории эфира и электричества» (2001) констатирует: «Уже давно было известно, что энергию движения и энергию положения динамической системы можно преобразовать друг в друга, и что их сумма остается неизменной в замкнутой системе. Этот принцип сохранения динамической энергии Френель распространил на оптику, допустив, что энергия, принесенная на поверхность раздела двух сред падающим светом, равна энергии, унесенной с поверхности раздела поглощенным и отраженным светом» (Уиттекер, 2001, с.255).

**77) Аналогия Этьена Малюса.** Французский физик Э.Малюс (1808) сделал вывод, что свет меняет свои свойства, то есть «поляризуется» не только при прохождении сквозь кристалл исландского шпата, но и при любом отражении от поверхности тела, когда обнаружил следующее сходство (аналогию). Рассматривая сквозь кристалл исландского шпата световые лучи, отраженные стеклами Люксембургского дворца, ученый заметил в кристалле такое же расщепление света на два луча, какое обнаружил Э.Бартолин (1669) при изучении преломления света в кристалле исландского шпата. Это говорило о том, что свет поляризуется не только в результате преломления, как это установил Э.Бартолин, но и при простом отражении от поверхности какого-либо тела. Аналогия поведения света в эффекте Э.Бартолина и в ситуации отражения света от стекол Люксембургского дворца естественным образом навела Э.Малюса на мысль о способности света поляризоваться как в случае преломления, так и в случае отражения. А.Андреев в статье «Этьен Малюс и его открытие» (журнал «Квант», 1995 г., № 4) детально описывает историю открытия Малюса: «И вот однажды в своем доме на улице Анфер в Париже Малюс посмотрел сквозь кристалл с двойным преломлением на солнечные лучи, отражаемые стеклами Люксембургского дворца, находившегося напротив его квартиры. Вращая свой кристалл, он вдруг заметил то же

изменение в преломлении прошедшего луча, как если бы тот уже один раз миновал кристалл исландского шпата. Вместо двух ожидаемых равносильных изображений, Малюс смог увидеть только одно – то обыкновенное, но необыкновенное. Это странное явление сильно поразило нашего ученого: он пытался объяснить его переменами света в атмосфере. Но с наступлением ночи свет восковой свечи подтвердил дневные опыты, только на этот раз Малюс наблюдал отражение от поверхности воды. Таким образом, ученый понял, что свет меняет свойства, или «поляризуется», не только проходя сквозь кристалл исландского шпата, но и при любом отражении от поверхности тела. Поэтому поляризация является одним из фундаментальных свойств света» (А.Андреев, 1995).

**78) Аналогия Карла Гаусса.** Карл Гаусс (1802-1809) разработал математический метод определения эллиптических и гиперболических орбит планет и комет по трем наблюдениям, воспользовавшись аналогией с исследованиями Луи Лагранжа, который развил метод определения параболических орбит небесных тел по тем же трем наблюдениям. С математической точки зрения вопрос, которым занимался Лагранж, сводился к решению трех дифференциальных уравнений второго порядка, общий интеграл задачи содержал шесть произвольных постоянных. В качестве этих произвольных постоянных обычно принимают большую полуось конического сечения, его эксцентриситет, угол наклона плоскости орбиты к плоскости эклиптики, две координаты восходящего узла и время прохождения тела через перигелий. Для получения этих шести элементов орбиты достаточно трех наблюдений за небесным объектом. Гауссу оставалось лишь полностью осуществить ту программу, которую дал Лагранж. Эту программу Лагранж выполнил лишь для случая параболической орбиты (И.А.Тюлина, «Жозеф Луи Лагранж», 1977).

**79) Аналогия Карла Гаусса.** Карл Гаусс (1840) открыл теорему, которая позволяет связать величину потока напряженности гравитационных, электрических или магнитных сил заданного потенциального поля с общей массой или зарядом, помещенным внутри поверхности, - по аналогии с известной теоремой Остроградского (1828), представляющей собой формулу гидродинамического баланса. Эта формула устанавливает равносильность двух способов учета протекающей жидкости в единицу времени: 1) исходя из учета источников внутри объема, 2) исходя из скоростей протекания через его поверхность (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**80) Аналогия Вильяма Гершеля.** Идея великого астронома В.Гершеля о существовании газовой оболочки на Венере возникла у него по аналогии с наличием газовой оболочки на Земле. Другой посылкой этой идеи явилось обнаружение явления удлинения рогов серпа Венеры. Независимо от Гершеля такую же идею высказывал М.В.Ломоносов (1761), который, наблюдая Венеру в телескоп, заметил, как при вступлении на край Солнца вокруг Венеры появился ярко светящийся ободок.

**81) Аналогия Симеона Пуассона.** Симеон Дэни Пуассон (1811), применив математическую теорию потенциала, по аналогии распространил представление П.Лапласа (1780) о поле сил тяготения на электростатику еще до возникновения теории электричества. Об этой аналогии пишет Б.И.Спасский в 1-ом томе книги «История физики» (1977): «...Пуассон решил задачи о распределении заряда на поверхности проводящего эллипсоида, а также двух заряженных проводящих сфер. При этом он использовал результаты теории гравитации, где уже употреблялась функция, являющаяся потенциалом, и было установлено, что она удовлетворяет уравнению Лапласа. Пуассон заключает, что эта функция может иметь применение и в теории электричества» (Спасский, 1977, с.181). С аналогичной реконструкцией генезиса теории Пуассона мы встречаемся в книге М.Льоцци «История физики» (1970), где Льоцци пишет: «Поскольку электрические силы отказались того же типа, что и ньютоновские, в электростатику можно было сразу перенести все свойства полей

ньютоновских сил, найденных в теоретической механике. Эйлер ввел в механику понятие потенциала и нашел замечательное свойство этого потенциала (1756 г.) – так называемое «уравнение Лапласа». В 1811 г. Симон Пуассон (1781-1840) распространил математическое понятие потенциала на электрическое и магнитное поля» (Льоцци, 1970, с.190). Реконструкция Б.И.Спасского и М.Льоцци подтверждается исследованиями В.М.Дукова, который в книге «Электродинамика» (1975) отмечает: «Как всегда, первый шаг делается по пути аналогии. Пуассон строит электро- и магнитостатику по образцу теории тяготения. В 1812 г. он сообщает Французской академии результаты первой попытки применить математический метод в области статического электричества» (Дуков, 1975, с.86). Уравнение Пуассона для функции-потенциала, определяющее ее в точках, где существуют заряды, распределенные по объему, было получено Пуассоном по аналогии с уравнением Лапласа для функции-потенциала точек объемного распределения гравитационных масс. Основанием для этой аналогии послужило сходство закона Кулона для силы взаимодействия электростатических зарядов с законом Ньютона для силы взаимодействия гравитационных масс.

**82) Аналогия Симеона Пуассона.** Пуассон (1824) построил математическую теорию магнетизма, основанную на понятии потенциала, по аналогии со своей математической теорией электростатики, также основанной на понятии потенциала. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) констатирует: «В двух докладах, зачитанных в 1824 г., Пуассон распространяет теорию потенциала и на магнетизм. В основу своих исследований он положил концепцию Кулона, которая заменила теорию Эпинуса о строении магнитов. Согласно Эпинусу, в магнитах в одинаковом количестве существуют два магнитных флюида, отделенных друг от друга и сосредоточенных на концах намагниченного тела. Согласно Кулону, оба магнитных флюида заключены в каждой «молекуле» тела, из которой они не могут выйти...» (Льоцци, 1970, с.271).

**83) Аналогия Пьера Дюлонга и Алексиса Пти.** П.Дюлонг и А.Пти (1819) высказали идею о том, что атомы разных элементов обладают одинаковой теплоемкостью, исходя из обнаружения сходства (анalogии) произведения удельной теплоемкости (числа калорий, необходимых для нагрева грамма вещества на градус Цельсия) на атомный вес элемента для многих элементов. Это произведение приблизительно равнялось одному и тому же числу – 6,25. К.В.Глаголев и А.Н.Морозов в книге «Физическая термодинамика» (2007) пишут: «В 1819 г. Пьер Луи Дюлонг (1785-1838) и Алексис Терез Пти (1791-1820) установили, что произведение удельной (на единицу массы вещества) теплоемкости на атомную массу элемента, из которого состоит твердое тело, есть величина почти постоянная. Закон Дюлонга и Пти был установлен ими эмпирически, путем проведения большого количества опытов. В этих опытах измерялась скорость охлаждения различных веществ, находящихся при одинаковых внешних условиях, при которых передача теплоты определялась только разностью температуры вещества и окружающей среды» (К.В.Глаголев и А.Н.Морозов, 2007).



«Отзыв на «Математическую теорию тепла» давали видные ученые того времени – Лаплас, Лагранж, Лежандр. Они отметили важность и новизну, но критики было больше. Фурье воспринял ее спокойно – он ощущал силу изложенных идей. И – продолжал работать. Время шло. Трактат Фурье по теплопроводности увидел свет в 1822 году, причем упрямый ученый не изменил ни слова из раскритикованного мемуара».

А.Карташкин о Жане Фурье

**84) Аналогия Жана Батиста Фурье.** Жан Батист Фурье (1822) нашел дифференциальное уравнение распределения тепла по аналогии с уравнениями Эйлера, Лапласа и Пуассона, выражающими распределение гравитационных, гидродинамических и электрических сил. Другими словами, Фурье решил одну из задач математической физики – задачу о стационарном распределении температуры в твердом теле по аналогии с тем, как Эйлер вывел уравнения распространения жидкости, а также с тем, как Лаплас решил задачу о распределении гравитационных сил. Наконец, Фурье действовал по аналогии с тем, как Пуассон решил задачу о распределении электрических зарядов на какой-либо поверхности (В.С.Сологуб, «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях», 1975). В исследованиях Фурье аналогия с гидродинамикой могла быть преобладающей. В книге «Познание и заблуждение» (2003) Э.Мах подчеркивает: «Теория теплового потока Фурье развилась, по-видимому, на основании аналогии с током воды. С другой стороны, теория теплопроводности Фурье послужила образцом, в подражание которому развились другие теории, как то теории электрического и диффузионного тока» (Мах, 2003, с.233).

**85) Аналогия Жана Батиста Фурье.** Жан Батист Фурье пришел к идее о разложимости любой функции, описывающее произвольное физическое колебание, в совокупность простых синусоидальных составляющих, по аналогии с математическими исследованиями Даниила Бернулли (1700-1782). Как пишет С.Г.Гиндикин о Д.Бернулли, «наконец, Бернулли рассматривал гармонические колебания с разными частотами и утверждал, что произвольное колебание разлагается в бесконечную суперпозицию гармонических колебаний, во что не верили ни Даламбер, ни Эйлер» (Гиндикин, 2006, с.273). Примечательно, что результат Фурье мог получить Лагранж, так как он близко подошел к нему. «Те же рассматривания с предельным переходом, - констатирует Гиндикин, - убедили Лагранжа в правоте Бернулли; он был близок к доказательству возможности разложить произвольную функцию по гармоникам (в ряд Фурье), но точного доказательства пришлось ждать еще сорок лет» (там же, с.273).

**86) Аналогия Луи Навье.** Луи Навье (1822) использовал молекулярный подход и принцип виртуальных перемещений при выводе уравнения движения вязкой жидкости по аналогии с использованием данного подхода и принципа виртуальных перемещений при выводе уравнений теории упругости. А.Т.Григорьян и И.Б.Погребынский в книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) пишут: «Первый шаг в создании гидродинамики вязкой жидкости был сделан Навье в мемуаре 1822 г. Навье развил молекулярный подход, аналогичный примененному им при выводе уравнений теории упругости, но осложненный учетом движения среды. В качестве основной гипотезы он (следуя, вообще говоря, Ньютону) принял пропорциональность дополнительной силы взаимодействия молекул (при их движении) скорости их сближения или расхождения» (Григорьян, Погребынский, 1972, с.66). «Используя, как и во второй половине мемуара о деформируемом твердом теле, принцип виртуальных перемещений и ограничившись рассмотрением несжимаемой жидкости, - поясняют Григорьян и Погребынский, - Навье получил уравнение движения во вполне современной форме...» (там же, с.66). Суть молекулярных представлений Навье, использованных им в теории упругости и перенесенных в гидродинамику, заключается в следующем. А.Т.Григорьян и И.Б.Погребынский указывают: «Навье рассматривает упругое тело как бы состоящим из системы «материальных молекул», между которыми действуют силы притяжения и обязанные теплоте силы отталкивания. В «естественном состоянии» тела эти силы взаимодействия уравновешены. Деформация же тела внешними силами вызывает смещение молекул и возникновение дополнительных сил взаимодействия между каждой парой молекул...» (там же, с.48). Навье был не единственным исследователем, который обратил внимание на аналогию между теорией упругости и гидродинамикой. По свидетельству Григорьяна и Погребынского, «Ж.Буссинеск и Кельвин установили аналогию

между задачами о кручении стержней и задачами о движении жидкости в трубах» (там же, с.277).

**87) Аналогия Франсуа Мари Ампера.** Франсуа Мари Ампер (1820-1826) сформулировал гипотезу о том, что причиной магнетизма Земли, ее способности действовать на магнитную стрелку компаса, является циркуляция электрического тока, бегущего в ее недрах с востока на запад, по аналогии со своими экспериментами. В этих экспериментах Ампер установил, что два параллельных провода, по которым течет ток в одинаковом направлении, притягиваются друг к другу, а если направления токов противоположны, провода отталкиваются. Ампер объяснил это явление взаимодействием магнитных полей, которые создают токи. Гипотеза об электрической природе магнетизма Земли по аналогии подсказывалась также открытием Г.Х.Эрстеда (1820), обнаружившего, что вблизи проводника с током отклоняется магнитная стрелка. В.Азерников в книге «Великие открытия» (2000), которая является переработанным вариантом его книги «Неслучайные случайности» (1972), указывает: «Далее, ободренный поддержкой коллег, Ампер высказывается о причинах электромагнетизма. Он приходит к выводу, что Земля потому действует на магнитную стрелку, что в ней самой циркулирует электрический ток, бегущий с востока на запад, а вовсе не потому, что она, как раньше предполагали, - естественный магнит» (Азерников, 2000, с.96).

**88) Аналогия Франсуа Мари Ампера.** Ф.М.Ампер построил математическую теорию электромагнетизма, в которой использовал понятие дальнего действия, по аналогии с математической теорией гравитационного взаимодействия, где также используется понятие дальнего действия. В.Карцев в книге «Максвелл» (1974) пишет: «Формальное сходство законов, математических выражений для, казалось бы, разных явлений – гравитационного и электрического взаимодействия – убедило Ампера в том, что основой любой общей теории электромагнетизма должно быть хорошо зарекомендовавшее себя дальнее действие» (Карцев, 1974, с.121).

**89) Аналогия Феликса Савара.** Французский физик Феликс Савар (1832) пришел к идее использования быстро вращающегося диска для доказательства того, что тоненькая струйка воды не представляет собой непрерывно льющуюся воду, а состоит из «узлов» и «выпуклостей», по аналогии с экспериментами Фарадея, в которых быстро вращающийся диск, освещаемый последовательными короткими вспышками света, создавал иллюзию своей неподвижности. Жорж Садуль в книге «Всеобщая история кино» (1958) пишет об опытах Фарадея, которые сами были заимствованы из исследований Жозефа Плато и Марка Роджета: «Совершенствуя и варьируя этот опыт, Фарадей раскрасил изнанку своего зубчатого колеса наподобие диска Ньютона и увидел в зеркале раскрашенные секторы неподвижными и легко различимыми один от другого. Это было повторением в новой, более удобной форме опытов Роджета и Уитстона и показывало, что, освещая предмет последовательными короткими вспышками света, можно создать впечатление, что предмет неподвижен, в то время как он находится в движении. Это наблюдение вызвало многочисленные отклики. До наших дней во всех учебниках физики оно известно как «колесо Фарадея». Сам того не зная, знаменитый ученый повторил опыт Плато, о чем его уведомил сам Плато. Например, французский медик и одновременно физик Савар почти тотчас же применил в своих работах «колесо Фарадея». Этот физиолог, специализировавшийся на акустике, интересовался с 1819 года звучащими струнами, что привело его к изучению всех вибрирующих или находящихся в периодическом движении тел. В 1832 году Савар, стремясь доказать, что тоненькая струйка воды не представляет собой непрерывно льющуюся воду, а состоит из «узлов» и «выпуклостей», поместил позади такой струйки, кажущейся непрерывной, диск, разделенный на белые и черные секторы. Он доказал, что жидкость течет с интервалами, образуя при этом нечто подобное четкам» (Ж.Садуль, 1958).

**90) Аналогия Иоганна Цельнера.** Иоганн Цельнер (1872) сформулировал закон гравитационного взаимодействия, зависящий от скорости взаимодействующих тел, по аналогии с законом Вебера (1845) для потенциала. Франсуа Тиссеран (1872) сформулировал практически такой же закон гравитационного притяжения, в котором сила притяжения зависит не только от масс притягивающихся тел, но и от их скорости, по аналогии с законом электродинамического взаимодействия Гаусса (1835), где сила притяжения электрических зарядов определяется как величиной этих зарядов, так и скоростью их движения. Необходимо, однако, учитывать, что закон Вебера был выведен из закона Гаусса, а последний возник на основе закона Ампера для взаимодействия двух движущихся проводников с током. А.Т.Григорьян и И.Б.Погребысский в книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) отмечают: «Многokrатно обсуждался во второй половине 19 века вопрос о мгновенном действии гравитации. И.Цельнер полагал, что закон Вебера для потенциала является основным законом для всякого дальнего действия. Ф.Тиссеран рассмотрел возможность использования закона электродинамического взаимодействия Гаусса для случая сил взаимного притяжения масс» (Григорьян, Погребысский, 1972, с.363). Таким образом, Цельнер и Тиссеран ввели в астрономию релятивистский закон тяготения, в котором присутствуют члены, зависящие от скорости, по аналогии с релятивистскими законами взаимодействия движущихся электрических зарядов, полученными Вебером и Гауссом соответственно в 1845 г. и 1835 г.



«Давным-давно жил одинокий ученый, глубоко призадумавшийся над механическими свойствами паровых машин; долгое время он размышлял над этим загадочным явлением и, в конце концов, опубликовал небольшую книгу, где изложил свои соображения. Имя этого ученого – Сади Карно, название книги – «Размышления о движущей силе огня (1824)».

Леон Бриллюэн

**91) Аналогия Сади Карно.** Догадка Сади Карно (1824) о том, что причиной работы любой тепловой машины является наличие разности (перепада) температур возникла у него по аналогии с тем, что причиной работы водяной мельницы служит перепад уровней воды. Об этой аналогии пишет А.А.Ивин в книге «Искусство правильно мыслить» (1990): «Французский инженер С.Карно, заложивший в начале прошлого века основы теории тепловых машин, смело уподобил работу такой машины работе водяного двигателя. Физическая аналогия между переходом тепла от нагретого тела к холодному и падением воды с высокого уровня на низкий – пример строгой аналогии, опирающейся на существенные черты уподобляемых объектов» (Ивин, 1990). Точно так же история данной идеи С.Карно описывается Д.К.Саминым в книге «100 великих научных открытий» (2006): «Будучи инженером, Карно занимался расчетом и строительством водяных двигателей. Но так как к тому времени по всей Франции стали все чаще применять паровые машины, то молодой инженер увлекся созданием теории тепловых машин. Тогда еще в науке господствовали взгляды о том, что теплота является веществом. Но Сади Карно решил ответить на один из труднейших вопросов физики: при каких обязательных условиях возможно превращение теплоты в работу? Хорошо знакомый с расчетом водяных двигателей, Карно уподобил теплоту воде. Он прекрасно знал: для того, чтобы водяная мельница работала, необходимо одно условие – вода должна падать с высокого уровня на низкий. Карно предположил: чтобы теплота могла выполнять работу, она тоже должна переходить с высокого уровня на низкий, и разность высот для воды соответствует разности температур для теплоты. В 1824 году Сади Карно высказал мысль, благодаря которой он вошел в историю: для производства работы в

тепловой машине необходима разность температур, необходимы два источника теплоты с различными температурами» (Самин, 2006, с.70).



«В теории Фурье тепловой поток между двумя телами или двумя точками одного и того же тела объясняется разностью температур этих тел или точек. Ому пришла в голову гениальная мысль о возможности аналогии между «тепловым потоком» и электрическим током в проводнике, вызванным разностью «электростатических сил».

Ян Шнейберг о Георге Оме

**92) Аналогия Георга Ома.** Георг Ом (1825) пришел к выводу, что поток электричества должен определяться разностью электрической силы в близлежащих сечениях проводника, по аналогии с тем, что поток теплоты определяется разностью температур в близлежащих слоях стержня, по которому течет эта теплота. В книге Б.И.Спасского «История физики» (1977) Г.Ом аргументирует свою позицию: «Я полагаю, что величина передачи электричества между двумя близлежащими элементами при других равных обстоятельствах пропорциональна разности электрической силы в этих элементах, подобно тому, как в учении о теплоте принимается, что тепловая передача между двумя элементами пропорциональна разности их температур» (Спасский, 1977).

**93) Аналогия Георга Ома.** Георг Ом (1826) открыл один из важнейших законов электротехники, согласно которому сила тока пропорциональна напряжению тока и обратно пропорциональна его сопротивлению, по аналогии с одним из законов распространения тепла, открытых Ж.Б.Фурье. Историк науки М.Льоцци в книге «История физики» (1970) подчеркивает: «Ом вдохновлялся в своих исследованиях работой «Аналитическая теория тепла» (Париж, 1822) Жана Батиста Фурье (1768-1830) – одной из самых значительных научных работ всех времен, очень быстро получившей известность и высокую оценку среди математиков и физиков того времени. Ому пришла мысль, что механизм «теплого потока», о котором говорит Фурье, можно уподобить электрическому току в проводнике. И подобно тому как в теории Фурье тепловой поток между двумя телами или между двумя точками одного и того же тела объясняется разницей температур, точно так же Ом объясняет разницей «электростатических сил» в двух точках проводника возникновение электрического тока между ними. Придерживаясь такой аналогии, Ом начал свои экспериментальные исследования...» (Льоцци, 1970, с.258). Об этом же говорит Я.Г.Дорфман во 2-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007), объясняя генезис известного закона Ома: «Уже в 1827 г. он опубликовал книгу под заглавием «Гальваническая цепь, обработанная математически», в которой попытался вывести этот закон из теоретических соображений. В этой работе Ом исходит из аналогии между распространением «электричества» и «теплоты». Он сопоставляет открытый им закон для электрического тока с законом для теплового потока, сформулированным Фурье, и подтверждает правильность своего исходного предположения. При этом он впервые вводит (по аналогии с падением температур) «падение электрических напряжений» (Дорфман, 2007, с.36). «Из аналогии математических выражений для электрического и теплового токов в проводниках, - пишет Я.Г.Дорфман, - «можно, - по мнению Ома, - с полным правом заключить о внутренней связи между этими обоими явлениями природы. И это сходство все возрастает по мере того, как мы его прослеживаем» (Дорфман, 2007, с.36). Г.Ом опирался также на аналогию с гидродинамикой. В.Карцев в книге «Максвелл» (1974) отмечает: «Георг Симон Ом, видимо, первым воспользовался представлениями гидродинамики для объяснения законов электрического тока. И как в гидродинамике количество жидкости, проходящей в единицу времени через трубку, пропорционально гидравлическому напору и обратно пропорционально гидравлическому

сопротивлению, так и у Ома сила тока пропорциональна напряжению между концами проводника и обратно пропорциональна его сопротивлению» (Карцев, 1974, с.137). Об этой же аналогии пишет В.М.Родионов в книге «Зарождение радиотехники» (1985): «Чрезвычайно интересным в исследованиях немецкого физика было то, что он попытался подвести под свои экспериментальные работы теоретическую основу, используя аналогию – представляя электрический ток как поток жидкости определенного напора через трубы с различным внутренним трением и различным поперечным сечением. Это позволило Ому вывести математическую зависимость между током, сопротивлением проводника и падением напряжения на нем» (Родионов, 1985, с.34).

**94) Аналогия Джорджа Грина.** Знаменитый математик Джордж Грин (1828) открыл в электростатике теорему о разрыве нормальной производной потенциала простого слоя по аналогии с теоремой о разрыве нормальной производной объемного потенциала в теории гравитации. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет: «Мы изложили историю теоремы о разрыве производной по любому направлению (в том числе нормальной производной) от потенциала простого слоя. Все другие свойства этого потенциала и его производных по аналогии со свойствами объемных потенциалов были установлены Грином и Гауссом (некоторые из них были известны Лапласу и Пуассону)...» (Сологуб, 1975, с.35). В общем случае следует сказать, что Д.Грин перенес в теорию электричества идею потенциала, разработанную Лапласом в теории тяготения. Конечно, до Грина потенциальная функция использовалась Пуассоном в теории электричества и магнетизма. Однако Пуассон при этом вводил ограничения на геометрию тел, проводящих электричество, тогда как Грин отказался от этих ограничений. Ю.А.Любимов в статье «Джордж Грин: жизненный путь и творчество» (журнал «Успехи физических наук», 1994, том 164, № 1) пишет: «Еще раз подчеркнем, что подход Грина носит с самого начала более общий характер, чем у Пуассона, поскольку английский исследователь не накладывает обычно никаких ограничений на геометрию рассматриваемых тел» (Любимов, УФН, 1994, с.111). М.Льоцци в книге «История физики» (1970) указывает: «Работы Пуассона были повторены и продолжены выдающимся английским математиком Джорджем Грином (1793-1841), который до сороколетнего возраста был пекарем и мельником. В 1828 г. опубликовал свою первую и главную работу «Опыт применения математического анализа в теориях электричества и магнетизма». Для этой работы характерно, что главную роль в ней играет математическая функция, которую Грин назвал «потенциальной функцией», как мы ее называем и до сих пор. Грин определяет ее как «сумму всех электрических частиц, действующих на данную точку, разделенных на их расстояния от этой точки». В центре внимания теории Грина находится установление соотношений между значениями потенциала и распределениями плотности зарядов, создающих потенциал. Выведенные Грином основные теоремы до сих пор приводятся в работах по математической физике» (Льоцци, 2007, с.272). В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) отмечает: «Грин пришел к мысли о математической теории электричества при чтении Лапласа» (Панов, 2006, с.202).

**95) Аналогия Джорджа Грина.** Д.Грин (1828) пришел к мысли о плодотворности применения потенциальной функции в области акустики и оптики по аналогии с эффективностью использования данной функции в гидродинамике (Л.Эйлер), теории тяготения (Л.Лагранж, П.Лаплас), теории электричества и магнетизма (С.Пуассон, Д.Грин). Ю.А.Любимов в статье «Джордж Грин: жизненный путь и творчество» (журнал «Успехи физических наук», 1994, том 164, № 1), говоря о потенциальной функции, указывает: «Само введение этой функции в механику и гидродинамику относится еще ко второй половине XVIII в. (правда, она не имела никакого специального наименования) и было предпринято в трудах Эйлера (1755-1756 гг.), Лагранжа (1773 г.) и Лапласа (1782 г.), а позднее эта функция использовалась Пуассоном также в работах по электростатике и магнетизму [11]. Однако

именно Дж.Грин превратил эту функцию (позднее в науке появилось более краткое название – «потенциал», введенное в 1840 г. Гауссом) в мощный и универсальный метод; уже в своей первой работе он высказывает мысль о плодотворности использования потенциальной функции также при описании волновых процессов в акустике и оптике» (Любимов, УФН, 1994, с.110).

**96) Аналогия Ю.Грассмана.** Ю.Грассман (1829) выдвинул гипотезу о том, что кристаллическая форма того или иного вещества представляет собой застывший аккорд – аккорд гармонических молекулярных колебаний твердого тела, когда обнаружил аналогию между различными параметрами химических веществ, находящихся в кристаллической форме, и соотношениями музыкальных тонов. Примечательно, что на аналогию между свойствами сторон и граней кристалла и соотношениями, наблюдаемыми между тонами нашей музыки, указывал еще Вейсс (1818). В книге В.И.Вернадского «Избранные труды. Кристаллография» (1988) имеется примечание редактора, в котором сообщается следующее: «Уже в 1818 г. Вейсс, изучая взаимные отношения отрезков полиэдров правильной системы, указал, что между ними наблюдаются простые числовые соотношения, совершенно тождественные с отношениями, наблюдаемыми между тонами нашей музыки. Вейсс не разрабатывал далее этого вопроса, но в 1829 г. Ю.Грассман, развивая идеи о векториальных силах кристалла, указал на многочисленные аналогии между отрезками, которые делают плоскости одной и той же зоны или параметры одного и того же химического вещества и между соотношениями музыкальных тонов; как образно выразился Грассман, кристаллический полиэдр представляет застывший аккорд – аккорд гармонических молекулярных колебаний твердого тела, тех движений, которые происходили по векторам, перпендикулярным к его плоскостям, во время его кристаллизации. В конце 1890-х годов к тем же идеям вернулся в ряде работ Гольдшмидт (1897-1901), повторивший в значительной мере неизвестные соображения Грассмана...» (Вернадский, «Избранные труды», 1988, с.24).

**97) Аналогия Джона Гершеля.** Выдающийся астроном Джон Гершель (1833) разработал установку для исследования акустических волн (опыт с двумя зеркалами) по аналогии с установкой Френеля (1816) для исследования интерференции световых волн, в которой также ставился опыт с двумя зеркалами. М.Льоцци пишет о Д.Гершеле: «...Именно опыт с двумя зеркалами подсказал в 1833 г. Джону Гершелю (1792-1871) идею аналогичной установки для исследования интерференции акустических волн, в которой использовалась двойная трубка; эта установка была усовершенствована в 1866 г. Георгом Квинке (1834-1924), в честь которого она получила название, дошедшее до настоящего времени» (Льоцци, 1970, с.204).

**98) Аналогия Вильяма Гамильтона.** Вильям Гамильтон (1835) создал теорию канонических уравнений, описывающих процесс распространения света, по аналогии с теорией канонических уравнений Лагранжа, описывающих механическое движение тел. Оправданием аналогии служило сходство принципа Ферма для света и принципа Мопертюи для материальных тел. Но результаты Гамильтона все-таки выходили за пределы этой аналогии. Если Лагранж вывел канонические уравнения, варьируя элементы орбит планет и рассматривая пертурбационную функцию, то Гамильтон ввел характеристическую функцию для каждой оптической системы лучей. Затем он по аналогии перенес в механику свои результаты, полученные в оптике. Он ввел в механику свою характеристическую функцию и на этой основе разработал аппарат канонических уравнений динамики. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич в книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (1987) пишут: «Работая над созданием математического аппарата в оптике, Гамильтон идет по пути, указанному Лагранжем. Он пишет: «Тот, кто размышлял о красоте и полезности общего метода Лагранжа в теоретической механике, кто оценил простоту и гармонию, внесенные Лагранжем в исследование возмущений планет, должен почувствовать, что математическая оптика только тогда достигнет уровня, сопоставимого с механикой или

астрономией по красоте, мощи и гармоничности, когда она будет обладать соответствующим методом и станет воплощением одной центральной идеи» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.192). О том, что Гамильтон впоследствии перенес результаты, полученные им в математической теории оптических явлений, на область динамики, пишет М.Льоцци: «В 1834-1835 гг. Гамильтон обобщил свою теорию оптических явлений на динамику и систематически развил ее, сведя решение общей задачи динамики к системе двух уравнений в частных производных. В этих работах Гамильтона достигнут чудесный синтез проблем оптики и механики, который был впоследствии вновь найден Луи де Бройлем и который непосредственно вдохновил Шредингера в его исследованиях» (Льоцци, 1970, с.208). Мнение М.Льоцци подтверждается А.Т.Григорьяном, который в книге «Механика от античности до наших дней» (1974) говорит о Гамильтоне: «Руководствуясь идеей оптико-механической аналогии, усматривая ее, прежде всего, в единой математической форме законов движения лучей и материальных частиц, Гамильтон использует в механике так называемый принцип наименьшего действия» (Григорьян, 1974, с.255). Об этой же аналогии говорят многие ученые. И.Б.Погребысский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) подчеркивает: «Новое слово в аналитической динамике было сказано В.Р.Гамильтоном (1805-1865). Общеизвестно, что отправным пунктом для Гамильтона были его работы по оптике и оптико-механическая аналогия» (Погребысский, 1966, с.184). Д.И.Трубецков и А.Г.Рожнов в книге «Линейные колебания и волны» (2001) констатируют: «...Оптико-механическая аналогия дважды сыграла огромную роль в развитии физики. Сначала она была использована У.Гамильтоном для вывода уравнений механики в гамильтоновской формулировке, а затем Шредингер применил эту же аналогию для получения квантово-механического уравнения, носящего теперь его имя» (Трубецков, Рожнов, 2001, с.414).

**99) Аналогия Михаила Остроградского.** Михаил Васильевич Остроградский вывел канонические уравнения механики (уравнения движения тел) для случая нестационарных связей по аналогии с каноническими уравнениями механики Гамильтона для случая стационарных связей. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) констатирует: «...Задача приведения дифференциальных уравнений механики к канонической системе уравнений первого порядка в случае стационарных связей была существенно продвинута уже в начале века (1809) Пуассоном и вскоре (1834) решена Гамильтоном. Остроградский обобщил эти уравнения на случай нестационарных связей» (Рыбников, 1974, с.356).

**100) Аналогия Ивана Михайловича Симонова.** Известный русский магнитолог И.М.Симонов (1836) высказал идею, согласно которой причиной магнитных бурь на Земле является Солнце, отталкиваясь от сходства (аналогии) периода вариации магнитного поля Земли и периода обращения Солнца вокруг своей оси. Симонов обнаружил, что 27-дневный период изменений магнитного поля Земли совпадает с 27-дневным периодом осевого вращения Солнца.

**101) Аналогия Роберта Майера.** Роберт Майер (1845) открыл закон сохранения энергии, который является первым началом термодинамики, по аналогии с законом сохранения массы вещества, авторами которого являются А.Лавуазье (1789) и М.Ломоносов (1748). А.Азимов в книге «Миры внутри миров» (2004) повествует: «В 70-х годах XVIII века французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743-1794) обнаружил, что если материю изолировать и подвергнуть сложным химическим реакциям, все может измениться, но только не ее масса. Твердое обратится в газ, единичная субстанция трансформируется в две или три различные субстанции. Но что бы ни происходило, общая масса в конце концов останется прежней... Ничто не может быть создано или уничтожено, но природа материи может меняться. Явление было названо «законом сохранения массы». Естественно, ученые задумались, нельзя ли применить тот же самый закон и к энергии» (А.Азимов, 2004, с.46). Об этом же говорит Г.Глязер в книге «Исследователи человеческого тела от Гиппократов до Павлова» (1956):

«Точно так же, как Лавуазье говорил о сохранении вещества, так Майер открыл, что и энергия нерушима, а подчинена действию круговорота, во время которого она не утрачивается» (Г.Глязер, 1956). Независимо от Майера этот закон открывали Г.Гельмгольц и Д.Джоуль. Конечно, у Майера, так же, как и у Клаузиуса, который через 5 лет после Майера откроет второе начало термодинамики – закон стремления энтропии мира к максимуму, были и индуктивные и дедуктивные посылки. Относительно индуктивного происхождения закона сохранения энергии пишет лауреат Нобелевской премии по физике за 1954 год М.Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963): «Термодинамика являет собой классический пример индуктивного метода. Два фундаментальных закона, касающихся сохранения энергии и существования монотонного возрастания энтропии, являются конденсированными выражениями накопленного опыта, а именно невозможности построения перпетуум-мобиле и машины, которая могла бы почерпнуть теплоту из резервуара (вроде моря) и преобразовать ее полностью в механическую работу (перпетуум-мобиле второго рода)» (Борн, 1963, с.154). Относительно дедуктивных посылок открытия Р.Майера пишет С.Михал в книге «Вечный двигатель вчера и сегодня» (1984): «Майер прекрасно сознавал равносильность закона сохранения энергии и утверждения о невозможности создания перпетуум мобиле. Так, об отрицательном отношении к вечному двигателю он писал в 1842 г. своему другу В.Гризингеру: «Этот закон вытекает как необходимое следствие из неопровержимых принципов. Но у меня есть и другое доказательство, близкое мне лично и свидетельствующее о справедливости моих установлений, - это доказательство от противного. В науке общепризнано, что создать перпетуум мобиле невозможно (если даже отвлечься мысленно от всяческих механических сопротивлений, таких как трение и т.п.). Мое утверждение можно вывести в качестве необходимого следствия из самого факта невозможности существования вечного двигателя. Если же, тем не менее, кому-либо удастся опровергнуть это мое утверждение, то я немедленно создам перпетуум мобиле» (Михал, 1984, с.180).

**102) Аналогия Жозефа Леверье.** Жозеф Леверье (1846) высказал догадку о малом наклоне эклиптики орбиты Нептуна (планеты, существование которой он предсказал совместно с Джоном Адамсом) по аналогии с малым наклоном эклиптики орбит Юпитера, Сатурна и Урана.

**103) Аналогия Армана Физо.** Французский физик Арман Физо (1848) пришел к идее об изменении частоты света при движении источника света относительно наблюдателя по аналогии с эффектом изменения частоты звука при перемещении источника звука относительно наблюдателя. Данный эффект был обнаружен Кристианом Доплером в 1842 году. «Еще в 1842 году, - пишет историк науки и психолог А.Азимов, - австрийский физик Кристиан Доплер (1803-1853) доказал, что, когда тело издает звук определенной длины волны, эта волна удлиняется, если тело движется от нас, и укорачивается, если тело движется к нам. В 1848 году французский физик Арман Физо (1819-1896) применил этот принцип к свету» (А.Азимов, «Выбор катастроф», 2002).



«Имея перед глазами общую картину научной деятельности Фарадея, мы живо чувствуем, что перед нами единственное в своем роде явление в истории науки. Правда, можно найти еще много исследователей, посвятивших всю свою жизнь или большую часть ее только одной главной задаче; но никому другому, пожалуй, не дано было достигнуть при добровольном самоограничении такой глубины при таком разнообразии».

Вильгельм Оствальд о Фарадее

**104) Аналогия Майкла Фарадея.** М.Фарадей (1838) сформулировал свою теорию диэлектрической поляризации, объясняющую влияние диэлектрика на емкость конденсатора, по аналогии с теорией магнетизма Пуассона и теорией электролитического действия Гротгуса. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) отмечает: «Авогадро в 1806 г. предположил, что молекулы непроводящего тела поляризуются под воздействием заряженного проводника. Но Фарадей, по-видимому, не знал этой работы Авогадро и руководствовался двумя аналогиями: теорией магнетизма Пуассона и теорией электролитического действия Гротгуса. Он был поражен сходством вольтметра с конденсатором: если к кусочку льда с двух сторон приложить два заряженных проводника, то получится конденсатор, если же лед растопить, то получится вольтметр, в котором, согласно гипотезе Гротгуса, поляризованные молекулы ориентированы в направлении тока. Но, по мнению Фарадея, поляризация должна уже существовать в молекулах льда, жидкое состояние лишь позволяет ионам перемещаться» (Льоцци, 1970, с.273). М.Льоцци реконструирует ход рассуждений Фарадея: «Частицы тела, будь то изолятор или проводник, являются совершенными проводниками, которые в обычном состоянии не поляризованы, но могут поляризоваться под действием соседних заряженных частиц. Заряженное тело, помещенное в изолирующую среду, поляризует ее частицы слой за слоем. Теория магнетизма Кулона и Пуассона, таким образом, переносится целиком на теорию диэлектриков» (там же, с.273). Об этой же аналогии Фарадея пишет Э.Уиттекер в книге «История теории эфира и электричества» (2001): «В следующем году (1838) Фарадей расширил свою теорию электростатической индукции, вновь применяя аналогию с магнитной индукцией. Четырнадцатью годами ранее Пуассон представлял замечательную модель молекулярных процессов, сопровождающих намагничивание; теперь Фарадей применил эту модель, чуть изменив ее, для случая индукции в диэлектриках» (Уиттекер, 2001, с.227).

**105) Аналогия Майкла Фарадея.** М.Фарадей пришел к выводу о связи между электричеством и светом, отталкиваясь от аналогии, обнаруженной Д.Гершелем и состоящей в том, что отклонение магнитной стрелки под действием электрического тока (открытие Эрстеда) очень похоже на вращение плоскости поляризации светового луча в кристаллах (открытие Араго). М.Льоцци в книге «История физики» (1970) описывает исходные посылки вывода Фарадея: «Большое влияние на него оказали идеи Джона Гершеля, который в отклонении магнитной стрелки под действием тока видел спиралевидную симметрию, аналогичную вращению плоскости поляризации светового луча при его прохождении через некоторые тела» (Льоцци, 1970, с.274). Другой посылкой идеи М.Фарадея о связи между электричеством и светом послужили «Письма к немецкой принцессе», написанные Л.Эйлером (1768). В этих «Письмах» Эйлер говорит об этой связи и о линиях распространения физических сил, заимствуя ряд положений из творчества М.Ломоносова. В.М.Дуков в статье «Развитие теории электромагнитного поля в трудах русских физиков до опытов Герца» (УФН, 1953, апрель) указывает: «Научный метод Фарадея безусловно имеет много общего с творчеством великого Ломоносова. И эта связь не случайна. П.С.Кудрявцев в «Истории физики» справедливо замечает, что «в исследованиях Фарадея живо чувствуется влияние «Писем» Эйлера... которые были одной из книг, оказавших сильное влияние на молодого Фарадея. Но так как воззрения Эйлера примыкали к ломоносовским, то можно установить замечательную преемственность: Ломоносов-Эйлер-Фарадей». Материалистическое мировоззрение объединяет этих ученых, и этим обусловлена плодотворность их научных результатов. Не случайно Фарадей при обосновании концепции силовых линий обращался к тому месту «Писем», где, по существу, изложена Эйлером ломоносовская эфирная теория электричества. В третьем томе «Экспериментальных исследований» Фарадей приходит к выводу, что «линии сил имеют физическое существование». При этом он делает в сноске характерное замечание: «Смотри точку зрения

Эйлера на расположение магнитных сил; также на магнитную жидкость, или эфир и его истечение» и отсылает к письмам 62 и 63» (В.М.Дуков, УФН, 1953).

**106) Аналогия Майкла Фарадея.** М.Фарадей (1846, 1851) высказал гипотезу о существовании электромагнитных волн, то есть предположение о волновой природе электромагнитных возмущений и конечной скорости их распространения, по аналогии с распространением волн на воде. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) пишет: «Фарадей уже при жизни стал знаменитым ученым, и о нем и его работах написаны многие исследования и популярные книги. Однако мало кто и сегодня знает, что Фарадей серьезно интересовался волнами на воде. Не владея математическими методами, известными Коши, Пуассону и Остроградскому, он очень ясно и глубоко понимал основные идеи теории волн на воде. Размышляя о распространении электрического и магнитного полей в пространстве, он попытался представить себе этот процесс по аналогии с распространением волн на воде. Эта аналогия, видимо, и привела его к гипотезе о конечности скорости распространения электрических и магнитных взаимодействий и о волновом характере этого процесса» (Филиппов, 1990, с.27). Другой посылкой идеи Фарадея была аналогия с распространением света. Эта аналогия усиливалась эффектом вращения плоскости поляризации света в магнитном поле, открытым Фарадеем в 1845 году. Отталкиваясь от волновой теории света, разработанной Гюйгенсом (1690), Юнгом (1801) и Френелем (1815), Фарадей решил, что магнитные колебания также имеют волновую природу, причем магнитные волны распространяются поперечно, как и свет. «Поиски новой формы, - пишет Д.К.Самин, - привели ученого к становлению важной идеи поперечных магнитных колебаний, распространяющихся, как и свет, с конечной скоростью. Но это и есть центральная идея электромагнитной теории света – мысль, возникшая еще в 1832 году» (Д.К.Самин, «100 великих научных открытий», 2006). Идея электромагнитных волн и электромагнитного поля индуктивно подсказывалась также Фарадею явлением поляризации железных опилок, расположенных рядом с магнитом. Это явление было известно еще Джованне Батисте Порте (1538-1615), который обнаружил его в одном из опытов. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) подчеркивает: «Порте мы обязаны также опытом с железными опилками, образующими «бороду» у магнитных полюсов, что следует рассматривать как первое наблюдение магнитного поля» (Льоцци, 1970, с.65). М.Фарадей высказал идею о существовании электромагнитных волн в одном из своих писем, которое он запечатал в конверт и просил прочитать более чем через 100 лет. В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) цитирует это письмо Фарадея, написанное в 1832 году и прочитанное только в 1938 году: «Я пришел к заключению, что на распространение магнитного воздействия требуется время, которое, очевидно, окажется весьма незначительным. Я полагаю также, что электрическая индукция распространяется точно таким же образом. Я полагаю, что распространение магнитных сил от магнитного полюса похоже на колебания взволнованной водной поверхности... По аналогии я считаю возможным применить теорию колебаний к распространению электрической индукции, - писал он на основании далеко идущих аналогий между электромагнитной индукцией, светом и звуком» (Карцев, 1986, с.163).

**107) Аналогия Фабрицио Массоти.** Оттавиано Фабрицио Массоти (1850) построил теорию диэлектриков по аналогии с математической теорией магнетизма Пуассона. В книге В.Карцева «Максвелл» (1974) великий английский ученый Максвелл сам раскрывает аналогию, которую использовал известный физик 19 века О.Массоти: «Когда Массоти заметил, что Фарадей доказал аналогичность некоторых величин, относящихся к электростатической индукции в диэлектриках, и некоторых величин, относящихся к электростатической индукции в железе и других телах, он смог воспользоваться математическими исследованиями Пуассона, относящимися к магнитной индукции, переведа лишь их с магнитного языка на язык электричества» (Карцев, 1974, с.128). Об этой же

аналогии пишет М.Льоцци в книге «История физики» (1970): «Массоти представляет диэлектрик состоящим из множества проводящих частиц, погруженных в изолирующую среду, и применяет к этой системе пуассоновскую теорию магнетизма. Полученные выводы используются затем для исследования распределения электричества по поверхности проводников, погруженных в диэлектрик. Теория Массоти была затем (в 1867 г.) применена и расширена Клаузиусом в его механической теории теплоты» (Льоцци, 1970, с.274). Наконец, Я.Г.Дорфман во втором томе книги «Всемирная история физики» (2007) отмечает, что Массоти объяснил поляризацию диэлектрика по аналогии с тем, как Пуассон объяснил поляризацию магнитного тела. «Изменение самой среды, - говорит Дорфман, - мыслится как электрическая (или, соответственно, магнитная) поляризация ее мельчайших частиц под влиянием действующей силы. В отношении статических явлений эта точка зрения была развита Пуассоном для магнетизма и перенесена О.Ф.Массоти (1791-1863) на электрические явления» (Дорфман, 2007, с.114).

**108) Аналогия Жана Батиста Фуко.** Ж.Б.Фуко (1850) разработал эксперимент, основанный на методе вращающегося зеркала и предназначенный для определения скорости света, по аналогии с экспериментом Уитстона (1834), основанным на том же методе вращающегося зеркала и предназначенным для измерения скорости распространения электрических возмущений (А.Голин, С.Филонович, «Классики физической науки», 1989). Об этом же пишет Э.Мах: «Сильный толчок развитию этого метода дал Уитстон, применив вращающееся зеркало для определения скорости распространения и продолжительности электрического разряда. Усовершенствование этого метода В.Феддерсоном привело к точному изучению электрических колебаний. Другой тип этого метода мы находим в методе Фуко для определения скорости света» (Э.Мах, «Познание и заблуждение», 2003). Но сама идея постановки эксперимента в варианте Фуко была высказана впервые Д.Ф.Араго (1838) на базе той же аналогии с опытами Уитстона. Об этом говорит М.Льоцци: «В 1834 г. для измерения длительности электрической искры Уитстон ввел вращающееся зеркало и сразу же стал думать о возможности его применения для измерения скорости света. Однако здесь ему не удалось добиться успеха. Его проект был подхвачен Араго, предложившим очень сложный опыт, о котором мы упоминали в начале параграфа. Физо и Леон Фуко (1810-1868) взяли упростить его и практически осуществить» (Льоцци, 1970, с.209).



«Обнаруженная Клаузиусом конструктивная сила, его умение вносить порядок в путаницу, широта кругозора, позволявшая видеть одну истину, не теряя из вида другой, умение тонко отделять истину от заблуждения – все эти качества ставят профессора в первый ряд деятелей науки».

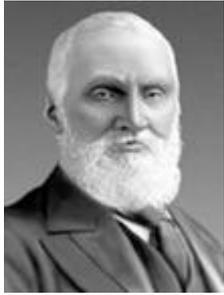
Д.Гиббс о Рудольфе Клаузиусе

**109) Аналогия Рудольфа Клаузиуса.** Рудольф Клаузиус (1850, 1875) открыл второе начало термодинамики, согласно которому энтропия окружающего нас мира стремится к максимуму, по аналогии с принципом С.Карно (1824), утверждающим, что теплота не может сама собой переходить от холодного тела к горячему (И.Радунская, «Предчувствия и свершения», 1985). Необходимо отметить, что Клаузиус не сразу сформулировал второе начало как стремление энтропии к максимуму. Первоначально он просто повторил слова Карно о невозможности перехода теплоты от холодного тела к горячему. И лишь когда Клаузиус ввел в термодинамику понятие энтропии, появились условия для переформулировки принципа Карно. Я.Г.Дорфман во втором томе «Всемирной истории физики» (2007) цитирует мысли Клаузиуса, высказанные в работе «О движущей силе тепла» (1875): «Различные способы рассмотрения поведения и природы теплоты привели меня к заключению, что выступающее

при теплопроводности и при обычном тепловом излучении стремление теплоты переходить от более теплых тел к более холодным и тем самым выравнять существующие разности температуры, связано столь глубоко со всей ее сущностью, что оно должно проявляться при всех обстоятельствах. Поэтому я принял следующий принцип в качестве основного закона: теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более теплому» (Дорфман, 2007, с.123).

**110) Аналогия Рудольфа Клаузиуса.** Р.Клаузиус открыл уравнение фазового перехода для жидкости и твердых тел по аналогии с уравнением фазового перехода Клапейрона для газов. Историк науки В.В.Кошманов в книге «Карно, Клапейрон, Клаузиус» (Москва, «Просвещение», 1985) пишет о Клаузиусе: «...Ученый дает обобщение уравнения Клапейрона – уравнения фазового перехода, которое он распространил на жидкость и на твердые тела (уравнение Клапейрона-Клаузиуса)» (В.Кошманов, 1985).

**111) Аналогия Адольфа Фика.** Известный ученый 19 века А.Фик (1855) открыл математическое уравнение диффузии по аналогии с математическим уравнением Ж.Фурье для потока тепла. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) отмечает: «Явление диффузии было впервые исследовано вюрцбургским ученым А.Фиком на примере соляных растворов. Фик путем тщательных исследований показал, что свободная диффузия соляных растворов происходит по законам, совершенно аналогичным законам распространения тепла в твердых телах» (Гельфер, 1981, с.249). К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) констатирует: «В результате исследований ряда ученых швейцарский физик Фик к 1885 г. смог развить количественную теорию диффузии. При этом выяснилось, что его первый закон о количестве диффундирующего вещества аналогичен закономерности, обнаруженной Фурье для теплоты» (Рыбников, 1974, с.354). В.А.Шапошник в статье «История мембранной науки. Часть 1» (журнал «Критические технологии. Мембраны», 2000, № 8) пишет о том, что произошло в науке после исследований Дютроше (1827) по разделению жидкостей с помощью органических и неорганических мембран: «После этих основополагающих работ было проведено много различных исследований по диффузии водных растворов солей через мембрану, которые обобщил Клоета в книге «Эксперименты по диффузии через мембрану двух солей», изданной в 1851 году в Цюрихе. Эти исследования стали объектом анализа для немецкого физиолога Адольфа Фика (1829-1901), который обратил внимание на аналогию потоков массы при диффузии и потоков теплоты при теплопроводности. Он установил, что потоки массы не только пропорциональны разности концентраций, но и обратно пропорциональны толщине мембраны. Так как математическая теория теплопроводности уже была развита Ж.Б.Фурье в 1822 году на основе формулировки и решения дифференциального уравнения с частными производными второго порядка, то Фик применил ее для диффузии» (В.А.Шапошник, 2000). О том, что А.Фик перенес уравнения теории теплопроводности Фурье в теорию диффузии, пишет также Ф.Розенберг в книге «История физики» (1934): «В полном соответствии с известным законом Фурье Фик установил для свободной диффузии солей закон, согласно которому количество соли, проходящее за известное время в направлении убывающей концентрации через некоторый элемент поверхности, должно быть пропорционально величине этого элемента поверхности, промежутку времени, величине убывания концентрации на месте нахождения элемента поверхности по направлению течения...» (Ф.Розенберг, 1934).



«В течение всей своей долгой жизни Томсон развивал неутомимую деятельность в области математической физики, ее преподавания и технических приложений. Его работы начались в 1840 г., когда в возрасте 16 лет он предпринял со своим отцом первое путешествие в Германию и начал изучать «Теорию теплоты» Фурье. В нем, как и во Франце Неймане, влияние Фурье высеколо искру из камня».

Ф.Клейн о В.Томсоне (лорде Кельвине)

**112) Аналогия Вильяма Томсона.** В.Томсон, он же лорд Кельвин (1842) получил решение электростатических задач по аналогии с результатами, полученными Фурье для теплоты (1822). В.Карцев в книге «Максвелл» (1974) констатирует: «Вильям Томсон первым подметил электротепловую аналогию и применил к электрической теории не принципы ньютоновых законов, трактуемых сторонниками дальнего действия, а вполне близкие действительные принципы» (Карцев, 1974, с.128). Эта аналогия очень нравилась Максвеллу. «Максвелл всегда восхищался, - отмечает В.Карцев, - подмеченной Томсоном аналогией, существующей между вопросами притяжения электрически заряженных тел и вопросами установившейся теплопередачи. Это остроумное наблюдение обогатило обе отрасли физики; с одной стороны, оказалось возможным использовать при разъяснении распределения электричества многие результаты, полученные Фурье для теплоты. С другой стороны, оказалось возможным распространить результаты, полученные Пуассоном для электричества, на область тепловых явлений» (там же, с.128). Как пишет В.Карцев, «будущему лорду Кельвину, а тогда еще кембриджскому «фрешмену» - первокурснику, было всего семнадцать лет, когда он подметил эту далеко идущую аналогию» (там же, с.129). «Распределение электрических сил в области пространства, содержащей наэлектризованные проводники, напоминало юному Томсону найденное Фурье распределение потоков тепла в твердом теле бесконечных размеров» (Карцев, 1974, с.129). Кроме того, В.Томсон перенес в теорию тепловых явлений ряд результатов из теории электричества, построенной Пуассоном (1811). В.Томсон провел аналогию между распределением электрических сил в системе заряженных проводников и распределением потоков тепла в безграничном теле. Об этом же пишет физик Э.Мах в книге «Познание и заблуждение» (2003): «...Теория теплопроводности Фурье послужила образцом, в подражание которому развились другие теории, как то теории электрического и диффузионного тока. (...) У.Томсон (лорд Кельвин) сначала сравнил теорию теплопроводности с теорией притяжения и нашел, что формулы первой области сводятся к формулам второй при замене понятия температуры понятием потенциала и понятия изменения температуры понятием силы» (Мах, 2003, с.233). Реконструкция В.Карцева и Э.Маха подтверждается В.М.Дуковым, который в книге «Электродинамика» (1975) отмечает: «Существовали примеры использования далеких аналогий. Здесь, прежде всего, следует указать на работы В.Томсона. Еще на студенческой скамье он опубликовал работу, в которой провел аналогию между распределением электрических сил в системе заряженных проводников и распределением потоков тепла в безграничном теле. Эквипотенциальные поверхности – изотермические поверхности, электрические заряды – источники тепла. Пользуясь результатами, полученными Фурье для теплоты, он получил решение электростатических задач» (Дуков, 1975, с.137).

**113) Аналогия Вильяма Томсона.** Лорд Кельвин (1846) получил ряд важных результатов в теории упругости по аналогии с теорией электрических явлений. Я.Г.Дорфман во втором томе книги «Всемирная история физики» (2007) констатирует: «В 1846 г. В.Томсон исследовал также аналогию между электрическими явлениями и явлениями упругости и установил, что вектор распределения электрической силы в электростатической задаче может

служить также для описания упругого сдвига. Более того, он показал, что упругий сдвиг аналогичен вектору  $A$ , связанному с вектором магнитной индукции  $B$  соотношением  $\text{rot } A = B$ , где  $A$  – вектор-потенциал. Эти математические аналогии, предложенные В.Томсоном, навели Максвелла на мысль о возможности иллюстрировать процессы, механизм которых неизвестен, с помощью некоторых других процессов, доступных знанию при условии, что эти разнородные процессы имеют одинаковое математическое описание» (Дорфман, 2007, с.96). Об этом же пишет В.М.Дуков в книге «Электродинамика» (1975): «В 1846 г. В.Томсон обратился к аналогии электрических и упругих сил. Он исследовал уравнение равновесия несжимаемого упругого тела в состоянии напряжения и показал, что распределение вектора упругого смещения в твердом теле может быть сопоставлено с распределением электрических сил в системе заряженных тел» (Дуков, 1975, с.137). Реконструкция Я.Г.Дорфмана и В.М.Дукова совпадает с реконструкцией Э.Уиттекера, который в книге «История теории эфира и электричества» (2001) повествует: «В 1846 году – через год после того, как он получил звание второго студента, особо отличившегося по математике, в Кембридже, - Томсон исследовал аналогии электрических явлений и упругости. С этой целью он изучил уравнения равновесия несжимаемого упругого твердого тела в состоянии натяжения; и показал, что распределение вектора, который представляет упругое смещение, можно сравнить с распределением электрической силы в электростатической системе. Однако, продолжал он, это не единственная возможная аналогия с уравнениями упругости, так как упругое смещение столь же успешно можно отождествить с вектором  $a$ , определенным через магнитную индукцию  $B$  отношением  $\text{rot } a = B$ » (Уиттекер, 2001, с.289).

**114) Аналогия Вильяма Томсона.** Лорд Кельвин (1845, 1847) открыл метод электрических образов, когда по аналогии перенес из геометрии в физику известный в его время метод преобразования обратных радиус-векторов. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет: «...Следует остановиться на «методе электрических образов» Томсона, или «методе преобразования обратных радиус-векторов». Первый термин принадлежит самому Томсону, второй – Лиувиллю. В основе метода лежит геометрическое преобразование инверсии относительно сферы, которое встречается еще у Птолемея и которым до Томсона пользовались при решении многих задач геометрии. Существо этого преобразования известно. Заслуга Томсона состоит в том, что он впервые усмотрел плодотворность применения преобразования инверсии к решению задач теории потенциала, в частности, к решению основной проблемы электростатики» (Сологуб, 1975, с.81).

**115) Аналогия Вильяма Томсона.** Лорд Кельвин (1855) разработал теорию передачи электрического сигнала по кабелю по аналогии с теорией распространения тепла. Б.М.Болотовский в книге «Оливер Хевисайд» (1985) пишет: «Теория передачи сигнала по кабелю была развита У.Томсоном (Кельвином) в 1855 г. Кельвин рассматривал кабель как систему, обладающую двумя параметрами – значениями емкости и сопротивления на единицу длины кабеля. При этом и для тока и для напряжения в кабеле получились уравнения типа уравнения теплопроводности, но только роль теплопроводности играла величина, обратная произведению емкости и сопротивления. Таким образом, в этом случае распространение сигнала по кабелю подчиняется тем же законам, что и распространение тепла вдоль длинного стержня с теплоизоляцией на боковой поверхности» (Б.М.Болотовский, 1985). Влияние трактата Фурье «Аналитическая теория тепла» на Томсона было столь значительно, что трудно не процитировать С.П.Тимошенко, который в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957) подробно описывает эволюцию интересов юного Томсона: «Лекции по натуральной философии, которые читались в то время профессором Никодем, направили интересы юного Томсона к математике. Николь же обратил его внимание в 1840 г. на замечательную книгу Фурье «Аналитическая теория тепла». Содержание этой книги в сильнейшей степени повлияло на первоначальные научные работы Томсона. Позднее он

вспоминал: «Начало моего увлечения этими проблемами относится к тому времени, когда я в 1839 г., посещая занятия по натуральной философии в старшем классе Николя, преисполнился величайшим восхищением перед великолепием и поэзией Фурье... Я спросил Николя, считает ли он меня способным читать Фурье. Он ответил: «Возможно». Он ценил эту книгу выше всего на свете. Поэтому 1 мая 1840 г., в тот самый день, когда присуждались награды, я взял Фурье из университетской библиотеки; за две недели я овладел им целиком, прочтя книгу до последней строки» (Тимошенко, 1957, с.313).

**116) Аналогия Вильяма Томсона.** Лорд Кельвин (1867) сформулировал предположение о том, что атомы – это вихревые частицы, вращение которых объясняет их основные свойства, по аналогии с теорией гидродинамических вихрей Г.Гельмгольца (1866), в которой утверждалось, что вихри жидкости, вращающиеся в одинаковом направлении, притягиваются, а вихри, имеющие противоположное направление вращения, отталкиваются. Конечно, это напоминает притяжение и отталкивание электрических токов в экспериментах Ампера (1820) И.Б.Погребыский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) сообщает: «Работа Гельмгольца о вихрях принадлежит не только механике, но и физике. В 1867 г. В.Томсон (Кельвин) выступил с докладом о вихревых атомах. Рассказав о «замечательном открытии Гельмгольца – законе движения вихрей в идеальной жидкости», он утверждал, что это открытие подсказывает мысль о том, что вихри Гельмгольца – «единственные настоящие атомы» (Погребыский, 1966, с.288). О том, что вихревая модель атомов Кельвина возникла по аналогии с гидромеханикой вихревых колец, пишет также Я.Г.Дорфман: «В этот период приобрела некоторую популярность вихревая модель атома, предложенная Ранкиным и В.Томсоном на основе гидромеханики вихревых колец, разработанной Гельмгольцем. Вот что писал по этому поводу Максвелл в своей статье «Атом» в Британской энциклопедии. «Свойства вихревых колец подали сэру В.Томсону мысль о возможности построить, основываясь на них, новую форму атомистической теории. Условия, которым должен удовлетворять атом, суть постоянство размеров, способность к внутреннему движению или к колебанию и достаточное число возможных признаков, которые позволили бы объяснить различие между атомами разного рода» (Дорфман, 2007, с.131). По мнению Дорфмана, «эти высказывания Максвелла и то обстоятельство, что они были опубликованы в Британской энциклопедии, свидетельствуют о том, что Максвелл и его современники считали вихревую модель атома крупным достижением науки, заслуживающим внимания широких кругов» (там же, с.132). Об этой же аналогии Кельвина пишет А.В.Лебединский в книге «Гельмголец» (1966): «В 1867 г. Томсон воспользовался идеями Гельмгольца для создания теории вихревых атомов, т.е. для создания кинетической модели протяженного, но все-таки неделимого атома» (Лебединский, 1966, с.89).

**117) Аналогия Вильяма Томсона.** Лорд Кельвин (1901) выдвинул гипотезу о том, что атом, движущийся со скоростью, большей скорости света, должен излучать электромагнитные волны, руководствуясь аналогией. В частности, Кельвин исходил из аналогии с результатами исследований Э.Маха, который установил, что тело, движущееся со скоростью, большей скорости звука, должно излучать звуковые волны. Подобное акустическое излучение получило название эффекта Маха. Пример данного эффекта – свист пули, летящей быстрее звуковой волны. И.М.Франк в статье «Переходное излучение и эффект Вавилова-Черенкова» (журнал «Успехи физических наук», 1961, том LXXV, выпуск 2, октябрь) пишет: «В 1901 г. Кельвин отметил, что при движении атома со скоростью, большей скорости света, должно возникать электромагнитное излучение. Это утверждение прямо основывалось на аналогии с опытами Маха. В дальнейшем предсказание Кельвина оказалось полностью забытым, и почти сорок лет спустя его вновь открыл С.И.Вавилов, который был, как известно, выдающимся знатоком истории физики» (Франк, 1961, с.233). Эта идея В.Томсона перекликается с аналогией Оливера Хевисайда (1888) и Арнольда Зоммерфельда (1904), которые независимо от В.Томсона пришли к мысли о способности тела, движущегося со сверхсветовой скоростью,

излучать световые колебания, по аналогии с эффектом Маха. Информацию об этом можно найти в книге «Воспоминания о И.Е.Тамме» (под ред. В.Л.Гинзбурга, 1986).



«...Вот мой великий план, который задуман уже давно, и который то умирает, то возвращается к жизни и постепенно становится все более навязчивым... Основное правило этого плана – упрямо не оставлять ничего неизученным. Ничто не должно быть «святой землей», священной неизблемой правдой, позитивной или негативной. Вся вспаханная под пар земля должна быть пропахана и пущена в регулярный севооборот».

Джеймс Максвелл о себе

**118) Аналогия Джеймса Максвелла.** Максвелл изобрел первую цветную фотографию (1855) в результате проведения аналогии, то есть сравнения принципа работы человеческого глаза и фотоаппарата. Максвелл был знаком с теорией Юнга, согласно которой глаз имеет три сорта рецепторов, воспринимающих соответственно три основных цвета: красный, синий и зеленый. Цветное восприятие предметов, которое дает глаз, обусловлено суммарным действием всех трех цветов на сетчатку глаза. Руководствуясь аналогией с этой теорией, Максвелл изготовил пластинки, чувствительные к этим цветам, и, фотографируя цветной объект в трех этих цветах, получил цветную фотографию. Историк науки П.С.Кудрявцев в книге «Максвелл» пишет: «Основная идея демонстрации Максвелла основана на аналогии между глазом и фотоаппаратом. Сетчатая оболочка глаза так же воспринимает и запечатлевает изображение предметов, как фотопластинка фотоаппарата. Если справедлива теория Юнга и в глазе имеются три сорта рецепторов, воспринимающих соответственно три основных цвета: красный, синий и зеленый, - то если изготовить пластинки, чувствительные к этим цветам и фотографировать цветной объект в трех соответствующих цветах, то суммарное действие всех трех фотоизображений даст цветную фотографию предмета» (Кудрявцев, 1976).

**119) Аналогия Джеймса Максвелла.** Максвелл (1854-1864) построил математическую теорию электрических явлений, открытых М.Фарадеем, и явлений взаимодействия электрических и магнитных токов по аналогии с математическими теориями гидродинамических и тепловых явлений. В рамках гидродинамической аналогии исследователь уподобил движение электрического тока движению жидкости, ввел представление о трубках переменного сечения, по которым течет несжимаемая электрическая жидкость. В рамках же тепловой аналогии ученый заменил центр притяжения токов источником тепла, ускоряющее действие притяжения – тепловым потоком, а электрический потенциал – температурой, в результате чего он преобразовал решение задач о притяжении двух токов в решение соответствующих задач по теплопроводности. Нужно отметить, что в исследованиях Максвелла гидродинамическая (электрогидравлическая) аналогия доминировала над тепловой аналогией. «Электрогидравлическая аналогия, - пишет историк науки В.Карцев в книге «Максвелл», - увлекла Максвелла, быть может, и потому, что на непротоптанной тропе он все-таки не чувствовал себя совсем одиноким. Где-то впереди почти физически ощущал Максвелл плотную спину своего предшественника Ома. Георг Симон Ом, видимо, первым воспользовался представлениями гидродинамики для объяснения законов электрического тока. И как в гидродинамике количество жидкости, проходящей в единицу времени через трубку, пропорционально гидравлическому напору и обратно пропорционально гидравлическому сопротивлению, так и у Ома сила тока была пропорциональна напряжению между концами проводника и обратно пропорциональна его сопротивлению» (Карцев, 1974, с.137). Максвелл сам признается в использовании аналогии при формулировке своей теории электрических явлений: «Заменяя центр притяжения

источником тепла, ускоряющее действие притяжения – тепловым потоком, потенциал – температурой, мы преобразуем решение задач о притяжении в решение соответствующих задач по теплопроводности» (цит. по: Кудрявцев, 1976). «При помощи аналогии такого рода, - указывает Максвелл, - я пытался представить в удобной форме те математические приемы и формулы, которые необходимы для изучения электрических явлений» (цит. по: Кудрявцев, 1976). Обобщая результаты анализа научных работ Максвелла, П.С.Кудрявцев в книге «Максвелл» пишет: «Метод физической аналогии и построения механической модели – излюбленный метод Максвелла. (...) В теории электричества это модель несжимаемой безынерционной жидкости, в теории газов – модель упругих шаров» (Кудрявцев, 1976).

**120) Аналогия Джеймса Максвелла.** Джеймс Максвелл (1859) открыл статистический закон распределения молекул газа по скоростям по аналогии с математическим законом распределения ошибок Гаусса (1809). Максвеллу было известно, что молекул в газе очень много, число их столкновений друг с другом бесчисленно, скорость каждой молекулы различна. Невозможно вычислить скорость отдельных молекул газа, которая изменяется каждое мгновение. Максвелл вспомнил закон Гаусса из теории вероятностей и астрономии о распределении ошибок астрономических наблюдений по группам, и смело распространил его на газодинамику, получив тем самым закон распределения скоростей молекул газа по группам. Закон распределения ошибок, иначе называемый методом наименьших квадратов, был открыт Гауссом в 1809 г. Такое происхождение закона распределения молекул газа по скоростям подтверждается выдающимся физиком М.Борном, который в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963) отмечает: «Первоначальный вывод Максвелла был получен по аналогии с законом ошибок Гаусса» (М.Борн, 1963). Можно привести слова самого Максвелла, представленные в книге Г.М.Голина и С.Р.Филоновича «Классики физической науки» (1989): «...Скорости распределяются между частицами по тому же закону, по которому распределяются ошибки между наблюдениями в теории «метода наименьших квадратов, то есть в соответствии со статистикой Гаусса» (цит. по: Голин и Филонович, 1989, с.470). Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) пишет: «Из своего расчета Максвелл приходит к выводу: «Скорости распределяются между частицами по тому же закону, по которому распределяются ошибки между наблюдениями в теории метода наименьших квадратов» (Гельфер, 1981, с.279). Максвелл очень высоко ценил аналогию как творческую стратегию и писал: «Для составления физических представлений следует освоиться с существованием физических аналогий (сравнений). Под физической аналогией я разумею то частное сходство между законами в двух каких-нибудь областях явлений, благодаря которому одна область является иллюстрацией для другой» (цит. по: Карцев, 1974, с.127).

**121) Аналогия Джеймса Максвелла.** Д.Максвелл (1861) сформулировал идею об электромагнитной природе света, обратив внимание на сходство (аналогию) значения квадратного корня из произведения диэлектрической и магнитной проницаемости эфира и значения скорости света в пустоте. Значение квадратного корня из произведения диэлектрической и магнитной проницаемости эфира определили известные физики, современники Максвелла В.Вебер и Ф.Кольрауш. Величину скорости света в пустоте определил в первом приближении Ремер, а во втором – Физо и Фуко. Сходство скорости электромагнитных волн со скоростью света и привело Максвелла к его идее. Идея Максвелла подсказывалась также аналогией между математическими уравнениями О.Френеля для света и математическими уравнениями Максвелла для магнетизма. Максвелл заметил, что уравнения Френеля, описывающие граничные условия при распространении световых волн в различных средах, могут «поместиться» в уравнениях Максвелла для магнетизма. Независимо от Максвелла гипотезу о том, что свет является разновидностью электромагнитных колебаний, высказывал выдающийся математик Бернгард Риман. Историк науки И.Радунская в книге «Предчувствия и свершения» (1985) пишет о Максвелле: «Загадка

таилась в удивительном совпадении значения квадратного корня из произведений диэлектрической и магнитной проницаемости эфира с величиной скорости света в пустоте... Именно этот намек послужил для Максвелла убедительной основой, чтобы считать свет одним из видов электромагнитных волн...» (И.Радунская, «Предчувствия и свершения», 1985). В.Карцев в книге «Максвелл» (1974) дает аналогичную трактовку: «Согласие между цифрами Кольрауша и Вебера и Физо было настолько хорошим, что Максвелл записал: «Мы едва ли можем избежать заключения о том, что свет состоит из тех же поперечных колебаний той же самой среды, которая является причиной электрических и магнитных явлений» (Карцев, 1974, с.221). Согласно В.Карцеву, «если попытаться вычислить из уравнений скорость распространения электромагнитной волны, то получится, что она равна отношению электромагнитной и электростатической единицы измерения. Совпадение этой величины со скоростью света было известно давно, со времен Кольрауша и Вебера, но никто до Максвелла не смог усилием мысли придать этому, казалось, случайному совпадению глубокий физический смысл» (там же, с.221). В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) отмечает: «В связи с совпадением скорости света (определенной ранее) и скорости распространения электромагнитных волн Максвелл отнес свет к электромагнитным явлениям, что явилось вершиной его исследований в области электромагнетизма. Следует отметить, что эти скорости были определены с ошибками, но их ошибочные значения удивительным образом совпали ровно настолько, чтобы можно было сделать необходимые выводы» (Панов, 2006, с.306).

**122) Аналогия Джеймса Максвелла.** Д.Максвелл (1864) сформулировал идею о существовании тока смещения (о возникновении магнитного поля при изменении электрического поля) по аналогии с существованием электромагнитной индукции М.Фарадея, открытой в 1831 году. Об этом достаточно аргументировано пишет историк науки А.Н.Вяльцев в книге «Открытие элементарных частиц» (1981). Другой аналогией, которой руководствовался Максвелл, был факт перемагничивания магнитов разрядами лейденской банки, установленный В.Франклином, и факт изменения направления стрелки компаса на корабле, пораженного электрической молнией, о чем писал Д.Ф.Араго. Идея тока смещения подсказывалась и экспериментом Фарадея, в котором происходило изменение емкости конденсатора при добавлении в цепь изолятора, несмотря на отсутствие в последнем электрического тока. В книге Г.М.Голина и С.Р.Филоновича «Классики физической науки» (1989) имеется высказывание Максвелла, раскрывающее историю его идеи о токе смещения: «Но когда электродвижущая сила действует на диэлектрик, она создает состояние поляризации его частей, которое аналогично поляризации частей массы железа под влиянием магнита и которое, подобно магнитной поляризации, может быть описано как состояние, в котором каждая частица имеет противоположные концы в противоположных состояниях» (Голин, Филонович, 1989, с.482). Кроме того, идея тока смещения основывалась на аналогии с явлением смещения упругой мембраны. Историк науки Б.И.Спасский отмечает, что «диэлектрик не пропускает через себя электрический ток, но через него передается электрическое действие. При этом диэлектрик напоминает собой упругую мембрану, которая непроницаема для частиц между вихрями, но которая передает действие этих частиц, находящихся на одной ее стороне, частицам, находящимся на другой ее стороне...». Сам Максвелл писал: «...Естественно приходит на ум аналогия упругого тела, уступающего давлению и затем принимающего первоначальную форму после того, как давление устранено». Максвелл открыл формулу тока смещения по аналогии с известной ему формулой упругого смещения (упругой деформации) из математической теории упругости.

**123) Аналогия Джеймса Максвелла.** Д.Максвелл (1873) предсказал давление света по аналогии с наличием давления звука и давления механических волн на поверхности воды. До Максвелла о давлении света писали Кеплер, Эйлер, Мэран, Дюфе, Френель, Цельнер. После Максвелла о давлении света говорили Бартоли и Больцман. В 1899 году Лебедев

экспериментально обнаружил это давление. Леонард Эйлер (1748) высказал идею о существовании давления света так же, как и Максвелл – по аналогии с давлением звука. Я.Г.Дорфман в 1-ом томе «Всемирной истории физики» (2007) подчеркивает: «Одним из веских аргументов в пользу корпускулярной теории света считался в то время факт существования светового давления, которому Кеплер впервые ошибочно приписал наблюдаемую ориентацию кометных хвостов. Между тем Л.Эйлер отчетливо указал в 1748 г. на необходимость существования светового давления и в том случае, если свет имеет волновую природу. «Громкий звук, - говорит Эйлер, - возбуждает колебательное движение частиц воздуха, но при этом наблюдается также и реальное перемещение взвешенных в нем маленьких частиц пыли. Так и колебательное движение, создаваемое светом, несомненно, должно вызывать аналогичный эффект». И Эйлер повторил в рамках волновой теории света кеплерову гипотезу о кометных хвостах. Однако эти соображения Эйлера остались незамеченными и были забыты» (Дорфман, 2007, с.336).

**124) Аналогия Джеймса Максвелла.** Д.Максвелл высказал гипотезу о существовании силовых линий распространения гравитации по аналогии с идеей Фарадея о существовании силовых линий распространения электромагнитных возмущений. Другими словами, мысль Максвелла о полевой природе тяготения возникла по аналогии с мыслью Фарадея о полевой природе электрических сил. В.Барашенков в статье «Великая тайна Всемирного тяготения» (журнал «Знание-сила», 1987, № 1) пишет: «Ведь должно же быть что-то такое, что передает взаимодействие! Ответ на этот вопрос пытались найти многие ученые. Одним из первых был Джеймс Максвелл, создавший в середине прошлого века теорию электромагнитных явлений. Он обратил внимание на то, что ньютоновская формула всемирного тяготения очень похожа на закон Кулона для взаимодействия электрических зарядов: от одного закона к другому можно перейти простой заменой массы тела (его «гравитационного заряда») на электрический заряд или наоборот. И Максвелл решил, что гравитация, подобно электромагнетизму, имеет полевую природу. Он представлял себе ее в виде особых натяжений (силовых линий) в упругой, заполняющей все пространство среде – эфире. Что-то вроде поля упругих сил, действующих в деформированном, растянутом или сжатом куске резины. Так в науку вошла идея о распределенном в пространстве гравитационном поле» (В.Барашенков, 1987).

**125) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши открыл уравнения напряжения, действующего на упругое или неупругое тело, по аналогии с уравнениями гидростатического давления, производимого жидкостью в состоянии покоя на внешнюю поверхность некоторого тела. Есть основания полагать, что О.Коши построил теорию звуковых явлений по аналогии с исследованиями Ж.Бертрана, который рассмотрел подобие различных механических, тепловых и электрических явлений и сформулировал первую теорему подобия – теорему о существовании инвариантов подобия для самого общего случая механических явлений. Кроме того, концепция подобия Ж.Бертрана была перенесена в область гидродинамики усилиями О.Рейнольдса, У.Фруда, Г.Гельмгольца и Л.Ф.Прандтль. В.И.Кузнецов и З.А.Зайцева в книге «Химия и химическая технология. Эволюция взаимосвязей» (1984) указывают: «...В 1822-1827 гг. Ж.Фурье указал на однородность физических уравнений и на условия подобия температурных полей двух охлаждающихся шаров. И только в 1848 г. французский математик Ж.Бертран (1822-1900) впервые установил основные свойства подобных явлений, сформулировав первую теорему подобия – теорему о существовании инвариантов подобия (критериев) для самого общего случая механических явлений. Поэтому 1848 год и считается годом появления теории подобия. (...) В 1878 г. он рассмотрел подобие тепловых и электрических явлений, используя при этом метод анализа размерностей» (Кузнецов, Зайцева, 1984, с.124). «После работ Ж.Бертрана теория подобия не только получила развитие как научная концепция, но и стала широко распространяться на самые различные явления. Французский математик О.Л.Коши (1789-1857) применил ее к изучению

звуковых явлений, английские ученые О.Рейнольдс (1842-1912) и У.Фруд (1810-1879), немецкие Г.Ф.Гельмгольц (1821-1894) и Л.Ф.Прандтль (1875-1953) – к анализу гидро- и аэродинамических явлений, немецкий физик В.Нуссельт (1882-1957) и французский физик Ж.К.Пекле (1793-1857) – к изучению явлений теплопередачи. В результате этих исследований введены критерии подобия, соответствующие изученным явлениям и условиям. К настоящему времени методами теории подобия изучено огромное число объектов. Поэтому и количество различных критериев подобия очень велико. Часто они называются именами известных ученых, впервые разработавших их при изучении того или иного частного явления...» (там же, с.124).



«Я могу сравнить себя с путником, который предпринял восхождение на гору, не зная дороги; долго и с трудом взбирается он, часто вынужден возвращаться назад, ибо дальше нет прохода. То размышление, то случай открывают ему новые тропинки, они ведут его несколько далее, и, наконец, когда цель достигнута, он, к своему стыду, находит широкую дорогу, по которой мог бы подняться, если бы умел верно отыскать начало».

Герман Гельмгольц о себе

**126) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гельмгольц (1847) открыл закон сохранения энергии по аналогии с законом сохранения массы вещества, то есть так же, как это сделал независимо от него Роберт Майер. А.Азимов в книге «Миры внутри миров» (2004) повествует: «В 70-х годах XVIII века французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743-1794) обнаружил, что если материю изолировать и подвергнуть сложным химическим реакциям, все может измениться, но только не ее масса. Твердое обратится в газ, единичная субстанция трансформируется в две или три различные субстанции. Но что бы ни происходило, общая масса, в конце концов, останется прежней... Ничто не может быть создано или уничтожено, но природа материи может меняться. Явление было названо «законом сохранения массы». Естественно, ученые задумались, нельзя ли применить тот же самый закон и к энергии» (А.азимов, 2004, с.46).

**127) Аналогия Германа Гельмгольца.** Г.Гельмгольц изобрел миограф – прибор, предназначенный для автоматической записи сокращений мышц, по аналогии с кимографом – прибором, предназначенным для автоматической записи кровяного давления, созданным физиологом Карлом Людвигом. А.В.Лебединский, У.И.Франкфурт и А.М.Френк в книге «Гельмгольц» (1966) пишут: «В физиологию графический метод ввел Людвиг. Он построил кимограф – прибор для автоматической записи кровяного давления. С помощью этого прибора он изучал деятельность сердечно-сосудистой системы. Свой прибор для записи сокращения мышц Гельмгольц назвал миографом. Миограф состоял из вращающегося закопченного цилиндра, по которому скользит игла, связанная с исследуемой мышцей» (Лебединский, Франкфурт, Френк, 1966, с.46).

**128) Аналогия Германа Гельмгольца.** Прибор, предназначенный для изучения изменений кривизны хрусталика глаза (офтальмометр) был изобретен и построен Германом Гельмгольцем (1856) по аналогии с астрономическим прибором гелиометром, с помощью которого астрономы в его время измеряли звездные расстояния. В книге А.В.Лебединского «Гельмгольц» (1966) цитируются слова изобретателя офтальмометра: «Мне удалось применить, в измененной форме, к подвижному глазу принцип гелиометра – прибора, употребляемого астрономами для измерения на вечно подвижном небесном своде весьма малых звездных расстояний, несмотря на их видимое движение... Построенный по аналогии измерительный прибор, офтальмометр, позволяет измерять на живом глазе кривизну

роговицы у обеих поверхностей хрусталика, взаимные расстояния этих поверхностей и т.д. с большей точностью, чем до сих пор удавалось даже на мертвом глазе...» (Лебединский, 1966, с.255). В.Г.Горбацкий в книге «Лекции по истории астрономии» (2002) объясняет происхождение самого гелиометра: «Астроном П.Бугер задолго до работ Фраунгофера – в 1724 г. – изобрел прибор для измерения величины диаметра Солнца – гелиометр. Это был телескоп с двумя объективами, в котором получались два изображения Солнца. Перемещая объективы посредством микрометрического винта, можно было добиться сближения этих изображений. Расстояние между центрами соприкасающихся изображений служило мерой углового поперечника Солнца. В 1753 г. прибор видоизменили, использовав вместо двух объективов один, разрезанный пополам так, что половины его могли смещаться друг относительно друга» (Горбацкий, 2002, с.120).

**129) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гельмгольц (1853) построил теорию потенциала двойного слоя и открыл первые теоремы этого потенциала по аналогии с теорией потенциала простого (одинарного) слоя, построенной Пуассоном, Гринем и Гауссом. Гельмгольц определял потенциал двойного слоя при решении основной задачи электродинамики о распределении напряжения стационарного тока в двух нелинейных проводниках, соприкасающихся между собой (В.С.Сологуб, «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях», 1975).

**130) Аналогия Германа Гельмгольца.** Предположение Гельмгольца (1859) о том, что каждому простому тону звука соответствует воспринимающее его нервное волокно, имеющееся в слуховом аппарате, возникло по аналогии с теорией Томаса Юнга (1801) о существовании небольшого числа чувствительных элементов глазной сетчатки, воспринимающих свет определенной частоты. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса» (2003) пишет: «Гельмгольц в созданной им теории слуховых ощущений пошел еще дальше и предположил, что каждое волокно слухового нерва, начинающееся у основной перепонки во внутреннем ухе, обладает специфической энергией к тону совершенно определенной частоты, так что здесь получается уже тончайшая градация специфических энергий» (Бернштейн, 2003, с.44).

**131) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гельмгольц (1860) создал теорию колебательного потенциала, описывающую процесс распространения звука, по аналогии с теорией потенциала Лагранжа-Лапласа, описывающей процесс распространения гравитационных сил. В книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) В.С.Сологуб пишет: «Заслуга Гельмгольца состоит в том, что он разработал теорию так называемого колебательного потенциала, играющего для его уравнения ту же роль, что и ньютоновский потенциал для уравнения Лапласа, и тем самым заложил основы теории обобщенного потенциала для эллиптических дифференциальных уравнений вообще» (Сологуб, 1975, с.178). «...Сам процесс распространения звука, - аргументирует Сологуб, - в определенном смысле аналогичен процессу притяжения масс. Эта аналогия и привела Гельмгольца к мысли о создании теории колебательного потенциала как аналога теории потенциала ньютоновского» (там же, с.179). «Свои теоремы, - добавляет Сологуб, - Гельмгольц доказывает по схеме доказательств соответствующих теорем из теории ньютоновского потенциала. Сингулярная точка окружается им сферой бесконечно малого радиуса, рассматриваемые колебательные потенциалы разбиваются на сумму двух величин, из которых одна относится к указанной сфере, а другая – к остальной части области или пространства...» (там же, с.180).

**132) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гипотеза Гельмгольца (1863) о способности клеток человеческого мозга осуществлять математическое разложение сложных звуковых колебаний на простые (на правильные синусоидальные колебания) возникла на основе аналогии, то есть

так же, как у Георга Ома. Гельмгольц опирался на аналогию с утверждением математика Ж.Б.Фурье о том, что любую периодическую функцию можно представить в виде суммы ряда синусоидальных составляющих, которые имеют частоты, кратные основной частоте.

**133) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гельмгольц (1866) построил теорию гидродинамических вихрей, то есть теорию вихревого движения жидкости, по аналогии с электродинамикой и теорией упругости. Он разложил движение элементарного объема жидкости на: а) поступательное, б) движение растяжения-сжатия, в) вращательное по образцу с таким же разложением движения в теории упругости. Ему удалось определить поле скоростей идеальной несжимаемой жидкости и применить метод интегрирования гидродинамических уравнений по аналогии с полем скоростей и методом интегрирования уравнений в электродинамике. Приступая к реконструкции генезиса указанной теории Гельмгольца, И.Б.Погребынский в книге «От Лагранжа к Эйнштейну» (1966) подчеркивает: «В истории вопроса, который будет предметом этого пункта, мы увидим, как на исследование по гидродинамике повлияла аналогия с электродинамикой и как это исследование, в свою очередь повлияло на развитие физики» (Погребынский, 1966, с.282). Детализируя аналогию, на которую опирался великий ученый, И.Б.Погребынский поясняет: «Движение элементарного объема жидкости разлагается на: 1) поступательное, 2) растяжения (сжатия) по главным (взаимно перпендикулярным) осям и 3) вращение вокруг некоторой мгновенной оси – все это, как указывал позже сам Гельмгольц, по образцу, уже известному из теории упругости» (там же, с.282). Гельмгольц открыл гидродинамический закон скорости вихревой частицы, индуцируемой другой вихревой частицей, по аналогии с законом Био-Савара-Лапласа, который описывает силу, действующую на магнитную частицу со стороны электрического тока. Гельмгольц разбил интегралы гидродинамических уравнений на два класса: решения, соответствующие однозначному потенциалу скоростей, и решения, соответствующие многозначному потенциалу, по аналогии с подобным разбиением интегралов в электродинамике. Идея о скачке тангенциальной составляющей скорости, имеющем место при столкновении двух раздельных движущихся масс жидкости, была подсказана Гельмгольцу той же аналогией с электродинамикой. Вывод Гельмгольца о том, что гидродинамические вихри, вращающиеся в одном направлении, должны притягиваться, а те, что вращаются в разных направлениях, должны отталкиваться, родился на свет по аналогии с открытием Ампера, сделанным в 1820 году. Ампер установил, что два параллельных провода, по которым течет ток в одинаковом направлении, притягиваются друг к другу, а если направления токов противоположны, провода отталкиваются. Резюмируя, И.Б.Погребынский говорит о теории гидродинамических вихрей Гельмгольца: «Классическая по ясности изложения, отчетливости представлений и силе анализа, она может быть охарактеризована и как образцовая, и как типичная работа этого направления. Во-первых, в ней автор остается в кругу обычных моделей, выработанных ранее механикой (в данном случае это модель идеальной жидкости). Во-вторых, импульсом или одним из импульсов для этой работы были аналогии и сопоставления с другими областями физики (в данном случае с теорией электромагнитных явлений; в кинематической части Гельмгольц, как он прямо указывает в своей полемике с Бертраном, исходил из того, что уже было тогда в ходу в теории упругости) (Погребынский, 1966, с.287).

**134) Аналогия Германа Гельмгольца.** Догадка Гельмгольца (1878) о допустимости не рассматривать необратимые процессы при исследовании электродвижущей силы концентрационного элемента возникла по аналогии с идеей В.Томсона (лорда Кельвина) о возможности игнорирования необратимых процессов при анализе соотношения между величинами, характеризующими термоэлектрические эффекты (Я.М.Гельфер, «История и методология термодинамики и статистической физики», 1969).

**135) Аналогия Германа Гельмгольца.** Герман Гельмгольц (1881) пришел к выводу о дискретном (корпускулярном) строении электричества по аналогии с дискретным строением вещества. В книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) Ю.И.Соловьев пишет о Гельмгольце: «Г.Гельмгольц в 1881 г. сформулировал следующее важное положение: «Если мы примем гипотезу о том, что элементарные вещества состоят из атомов, то мы не можем не прийти к выводу, что и электричество, как положительное, так и отрицательное, состоит из определенных элементарных порций, ведущих себя подобно атомам электричества» (Соловьев, 1971, с.236). До Гельмгольца мысль об атомарной структуре электричества высказывали В.Франклин (1749), М.Фарадей (1834), В.Вебер (1871), Д.Максвелл (1873), Стони (1881), Хиггинс (1789).

**136) Аналогия Германа Гельмгольца.** Гельмгольц (1886) сформулировал принцип наименьшего действия в электродинамике по аналогии с принципом наименьшего действия в механике. Как известно, данный принцип был сформулирован в механике ученым Пьером Мопертюи. Согласно данному принципу в его механическом варианте, физическая величина любых движений механической системы, имеющая размерность произведения энергии на время, или количества движения на перемещение, имеет минимум. Б.И.Спасский в 1-ом томе книги «История физики» (1977) пишет о Гельмгольце: «В конце 19 века вариационные принципы выходят за рамки механики и приобретают более широкий смысл. Гельмгольц взял за основу вариационный принцип наименьшего действия в форме Гамильтона и показал, что при надлежащем выборе лагранжиана, который он назвал кинетическим потенциалом, этот принцип применим не только в механике, но и в электродинамике, и некоторых других областях физической науки. В работе «О физическом значении принципа наименьшего действия», опубликованной в 1886 г., Гельмгольц писал: «Уже теперь можно считать вероятным, что этот принцип является общим законом для всех обратимых естественных процессов» (Спасский, 1977, с.203).

**137) Аналогия Жозефа Буссинеска и Людвиг Прандтля.** Ж.Буссинеск и чуть позже Л.Прандтль вывели в гидродинамике известные формулы турбулентного трения, когда обратили внимание на аналогию между молярным перемешиванием в турбулентном потоке и молекулярным переносом в газах. Ю.И.Хлопков, В.А.Жаров и С.Л.Горелов в работе «Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности» (2005) пишут: «Аналогию между молярным перемешиванием в турбулентном потоке и молекулярным переносом в газах использовали еще Буссинеск и Прандтль для вывода известных формул турбулентного трения» (Ю.И.Хлопков, В.А.Жаров и С.Л.Горелов, 2005).

**138) Аналогия Жозефа Буссинеска и Альфреда Гринхилла.** Ж.Буссинеск и А.Гринхилл решили ряд задач в гидродинамике благодаря обнаружению аналогии между математическим аппаратом гидродинамики и других разделов науки. М.В.Жигалов в статье «Методы понижения порядка дифференциальных уравнений механики деформированного твердого тела» (журнал «Вестник Саратовского государственного технического университета», 2006, выпуск 2, № 1 (11)) указывает: «Существует несколько аналогий между задачами о кручении и гидродинамическими задачами в трубах. На аналогию между уравнениями кручения стержня и ламинарного потока жидкости указал Жозеф Валантен Буссинеск (1842-1929). Гринхилл выявил аналогию между функцией напряжений скручиваемого стержня и функцией тока при движении идеальной жидкости, циркулирующей с постоянной интенсивностью вихря в трубе того же поперечного сечения, что и стержень. И, наконец, самая известная аналогия – между задачами о кручении стержня и деформации мембраны, которую ввел Людвиг Прандтль (1875-1953). Дальнейшее развитие этой аналогии было сделано в работах Гриффитса и Джеффри Тейлора (1886-1975). В частности, исходя из аналогии с мыльной пленкой, им была установлена приближенная формула для жесткости кручения стержней с узким поперечным сечением» (Жигалов, 2006, с.18).

**139) Аналогия Карла Неймана.** К.Нейман (1861) построил общую теорию логарифмического потенциала по аналогии с теорией ньютоновского потенциала (потенциала гравитационных сил). Следует отметить, что под логарифмическим потенциалом предшественник Неймана П.Лаплас понимал ньютоновский потенциал бесконечного цилиндра, ось которого параллельна одной из осей прямоугольной системы координат. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет о Неймане: «...Создателем теории логарифмического потенциала как таковой следует считать К.Неймана. Он в 1861 г. в работе в связи с решением первой краевой задачи для уравнения Лапласа на плоскости, ввел современное понятие логарифмического потенциала и наметил общие контуры его теории как аналога оформившейся к тому времени теории ньютоновского потенциала. Теория логарифмического потенциала была разработана Нейманом в 1877 г. в его фундаментальной книге. Нейман излагает теорию логарифмического потенциала параллельно с теорией ньютоновского потенциала. Соответствующие определения, формулы и теоремы формулируются и доказываются им одновременно для обоих случаев» (Сологуб, 1975, с.88). «По сравнению с Гауссом, - говорит Сологуб о Неймане, - он идет значительно дальше: не только переносит на логарифмические потенциалы все теоремы Гаусса об экстремальных свойствах ньютоновских потенциалов, но и устанавливает более общие теоремы, имеющие место как для одних, так и для других потенциалов» (там же, с.94). В 1877 г. Нейман создал теорию логарифмического потенциала двойного слоя по аналогии с теорией ньютоновского потенциала двойного слоя, сформулированной Г.Гельмгольцем. Теоремы Неймана об экстремальных значениях потенциалов двойного слоя были открыты по аналогии с теоремами Гаусса об экстремальных значениях потенциалов простого слоя.

**140) Аналогия Карла Неймана.** Карл Нейман (1871) открыл в математической физике теорему о среднем значении потенциала для случая произвольной замкнутой поверхности по аналогии с теоремой Гаусса о среднем значении потенциала сферического слоя (В.С.Сологуб, «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях», 1975).

**141) Аналогия Иоганна Гитторфа.** И.Гитторф (1869) склонился к мнению о волновой природе катодных лучей, отталкиваясь от следующего сходства (аналогии) катодных и световых лучей: в магнитном поле наблюдается отклонение катодных лучей, подобное вращению плоскости поляризации светового луча в магнитном поле (А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981). И.Гитторф обнаружил способность магнитного поля закручивать катодные лучи в двойную спираль, а иногда и в кольца, то есть эффект возникновения у электронов круговой траектории при попадании их в магнитное поле.

**142) Аналогия Франца Неймана.** Франц Нейман (1808-1895) сформулировал гипотезу о том, что любое физическое свойство кристалла определяется его симметрией (принцип Неймана), отталкиваясь от аналогии, обнаруженной при сопоставлении исследований двух физиков 19 века: Брюстера и Сенармона (1808-1850). Изучая оптические свойства кристаллов, Брюстер показал, что кристаллы оптически анизотропны, то есть у них показатель преломления зависит от направления измерения. Брюстер предложил представлять преломляющие свойства кристаллов в виде специальных поверхностей – оптических индикатрис (указателей). Индикатриса – это построение, образованное в результате отложения в пространстве отрезков, пропорциональных показателю преломления, измеренному в кристалле в данном направлении. К концу 40-х годов 19 века французский физик Ш.Сенармон стал изучать теплопроводность в кристаллах, то есть распространение тепла в них. Он выяснил, что в отношении теплопроводности кристаллы также анизотропны. Сенармон построил индикатрисы теплопроводности точно так же, как строил Брюстер оптические индикатрисы. И тут оказалось, что для всех кристаллов индикатрисы

теплопроводности имеют такой же вид, как световые индикатрисы. Пораженный этим совпадением (аналогией), Сенармон писал: «Являются ли эти аналогии только кажущимися, обязанными своим происхождением лишь симметрии форм... или же они являются следствиями одного и того же закона...» (цит. по: А.С.Сонин, «Постижение совершенства», 1987). Именно это совпадение световых и тепловых индикатрис кристаллов и привело Ф.Неймана к идее о том, что симметрия кристалла, которая определяет его форму, определяет и его физические свойства.

**143) Аналогия Пьера Кюри.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1903 год Пьер Кюри открыл свой знаменитый принцип симметрии, согласно которому при наложении нескольких явлений различной природы в одной и той же системе их дисимметрии складываются, а в качестве элементов симметрии системы остаются только те, которые являются общими для каждого явления, взятого отдельно. Он сделал это по аналогии с законом, справедливым для геометрических фигур. Этот закон состоит в том, что при соединении нескольких не равных друг другу фигур в одну в последней остаются только те элементы симметрии, которые являются общими для обеих фигур. Кюри рассуждал, что если физические явления можно описывать материальными фигурами, имеющими определенную симметрию, то перенесение на них правил сложения элементов симметрии геометрических фигур – закономерный шаг (А.С.Сонин, «Постижение совершенства», 1987).

**144) Аналогия Пьера Кюри.** П.Кюри одним из первых увидел аналогию между магнитными явлениями и явлениями теплоты. А.Ф.Иоффе в статье «Пьер Кюри» (УФН, 1956, апрель) указывает: «Переход парамагнитного состояния в ферромагнитное напоминал ему процесс конденсации. Недаром он одновременно проанализировал уравнение Ван-дер-Ваальса и закон соответственных состояний, в которых нашел много общих черт с закономерностями, обнаруженными им в магнитных явлениях. Кюри устанавливает сходство между кривыми изменения плотности пара и магнитной индукции с температурой» (А.Ф.Иоффе, УФН, 1956, с.576).

**145) Аналогия Пьера Кюри и Жака Кюри.** Пьер Кюри и его брат Жак Кюри (1880) предсказали пьезоэлектрический эффект, состоящий в поляризации зарядов в результате механической деформации растяжения-сжатия (давления), по аналогии с пироэлектрическим эффектом, в котором поляризация зарядов возникает вследствие нагревания тела. Пироэлектрический эффект в прозрачном кристалле турмалине был открыт Ф.Эпинусом в 1759 году (А.С.Сонин, «Постижение совершенства», 1987). А.Ф.Иоффе в статье «Пьер Кюри» (УФН, 1956, апрель) пишет о Кюри: «Его мысли занимала проблема симметрии в строении вещества, с одной стороны, и свойства симметрии физических явлений, с другой. Еще в том же 1880 г. он вместе с братом – кристаллографом сообщает об открытии им пьезоэлектричества, которое он рассматривал как обобщение и дальнейшее развитие известных уже пироэлектрических свойств турмалина. Оба явления вызваны изменением размеров кристалла» (А.Ф.Иоффе, УФН, 1956). Примечательно, что еще Рене Гаюи (1743-1822) сделал открытие, аналогичное открытию П.Кюри. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) констатирует: «...Гаюи сделал важное открытие, что пироэлектрические кристаллы смогут электризоваться не только при нагреве, но и под действием давления, и, опираясь на это явление, позднее получившее название пьезоэлектричества, создал чувствительный электроскоп» (Льоцци, 1970, с.180).

**146) Аналогия Эмиля Леонарда Матье.** Выдающийся исследователь Э.Матье создал теорию потенциала теплового потока по аналогии с теорией потенциала интенсивности звука Гельмгольца. Историк науки В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет: «Матье, как и Гельмгольц, рассматривает обобщенные потенциалы, однако функцию  $p(\alpha, \beta, \gamma)$  интерпретирует не как интенсивность

звука, а как плотность распределения масс. Он называет эти потенциалы «тепловыми или теплотворными потенциалами», подчеркивая тем самым связь между уравнением Гельмгольца и уравнением теплопроводности» (Сологуб, 1975, с.182). Тот же Матье разработал теорию потенциала упругой деформации, то есть деформации твердого однородного изотропного тела, по аналогии с теорией электрического потенциала Пуассона-Грина-Гаусса. В.С.Сологуб говорит о результатах, полученных Матье: «Вторая и третья теоремы доказаны Матье с помощью применения формулы Грина по аналогии с доказательством соответствующих теорем из теории ньютоновского потенциала» (Сологуб, 1975, с.206). Говоря о бигармоническом уравнении, то есть об эллиптическом уравнении высшего порядка, которое Матье использовал в своей теории потенциала упругой деформации, В.С.Сологуб пишет: «Хотя бигармоническое уравнение было получено Матье при решении задач теории упругости, оно стало у него объектом самостоятельного исследования как для случая трех, так и для случая двух независимых переменных. Матье разработал для этого уравнения теорию так называемого второго потенциала: доказал ряд его свойств, получил аналоги уравнения Пуассона, формулы Грина, теоремы о разрыве нормальной производной потенциала простого слоя» (Сологуб, 1975, с.242).



«Одним из наиболее красивых результатов мне всегда казался проведенный Кирхгофом параллелизм между изгибанием и закручиванием бесконечно тонкой проволоки, с одной стороны, и вращением твердого тела вокруг неподвижной точки, с другой (1858). Это – замечательный пример того, как одни и те же формулы могут охватывать столь различные по существу проблемы. Их связь проще всего можно обнаружить, если рассматривать обе проблемы как вариационные».

Ф.Клейн о Густаве Кирхгофе

**147) Аналогия Густава Роберта Кирхгофа.** Один из первооткрывателей спектрального анализа Кирхгоф доказал существование и единственность решения основной задачи электродинамики о распределении напряжения стационарного электрического тока в проводниках по аналогии с доказательством существования и единственности решения основной задачи электростатики о распределении электрических зарядов на поверхности тела. Как известно, задача электростатики о распределении зарядов была решена Пуассоном, а доказательство существования и единственности решения было дано Лежен-Дирихле. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) отмечает: «Кирхгоф в отличие от Грина не разрабатывает общего метода для решения своей задачи, а ограничивается доказательством существования решения и его единственности (с точностью до произвольной аддитивной постоянной). При доказательстве теоремы существования он пользуется принципом Гаусса-Дирихле. Непосредственной ссылкой на работу Гаусса Кирхгоф подчеркивает его приоритет в открытии принципа» (Сологуб, 1975, с.63).

**148) Аналогия Густава Роберта Кирхгофа.** Кирхгоф (1848) построил теорию электрической проводимости для трехмерного случая по аналогии с теорией линейной проводимости Георга Ома. Э.Уиттекер в книге «История теории эфира и электричества» (2001) указывает: «В 1848 году Кирхгоф распространил теорию линейной проводимости Ома на случай с проводимостью в трех измерениях. Это не вызвало особых осложнений, поскольку он использовал аналогию с протеканием тепла, которая оказалась столь полезной для Ома. В научном труде Кирхгофа предполагается, что система образована трехмерными проводниками, по которым протекают постоянные токи» (Уиттекер, 2001, с.269).

**149) Аналогия Густава Роберта Кирхгофа.** Кирхгоф (1858) решил задачу об изгибании и закручивании бесконечно тонкой проволоки, представленную в вариационной форме, по аналогии с задачей о вращении материального тела вокруг неподвижной точки. Интересно, что Г.Кирхгоф одним из первых обнаружил аналогию между задачами теории упругости и теорией колебаний механического маятника. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) отмечает: «С движением маятника связаны любые формы изгиба проволоочки. Каждой зависимости  $\varphi(S)$  от  $S$  можно поставить в соответствие некоторое движение маятника. Эта замечательная аналогия называется аналогией Кирхгофа в честь открывшего ее знаменитого немецкого физика Густава Кирхгофа (1824-1887). На самом деле он нашел гораздо более широкую аналогию между состояниями деформированных упругих тел и движениями твердого тела. К сожалению, о ней сегодня совершенно незаслуженно забыли» (Филиппов, 1990, с.107). Об этой же аналогии Кирхгофа пишет А.Ляв в книге «Математическая теория упругости» (1935): «В случае, когда тонкий стержень подвергается действию внешних сил, приложенных лишь на его концах, уравнения, которыми определяется форма изогнутой оси, идентичны, как показал Кирхгоф, с уравнениями движения тяжелого твердого тела – вокруг неподвижной точки. Эта теорема носит название «кинетической аналогии Кирхгофа» (Ляв, 1935, с.36).



«Почему второе начало термодинамики захватило все помыслы Больцмана? Что привлекло его во втором начале настолько, что всю свою научную деятельность он, по существу, посвятил попыткам глубоко понять и интерпретировать второе начало? В своих «Популярных статьях» Больцман писал: «Если бы меня спросили, какое название следовало бы дать этому веку, я бы без колебания назвал наш век веком Дарвина». Идея эволюции обладала для Больцмана неотразимой привлекательностью, и его честолюбивой мечтой было стать «Дарвином» эволюции материи».

Иосиф Пригожин

**150) Аналогия Людвиг Больцмана.** Л.Больцман (1868) сформулировал принцип сохранения фазового пространства в молекулярно-кинетической системе по аналогии с теоремой Лиувилля о неизменности объема фазового пространства в классической механической системе. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) пишет: «Больцман также впервые выяснил роль теоремы Лиувилля в построении статистической теории молекулярных систем. Еще задолго до создания статистической механики французский математик Ж.Лиувилль, занимаясь исследованием преобразования канонических переменных в уравнениях Гамильтона, доказал в 1838 г. теорему, согласно которой функциональный определитель канонического преобразования равен единице. Применив эту теорему к анализу движения молекулярной системы, Больцман нашел, что элемент объема фазового пространства остается неизменным» (Гельфер, 1981, с.375). Л.С.Полак в книге «Людвиг Больцман» (1987) подчеркивает: «Надо отметить еще раз замечательную интуицию Больцмана в выборе теоремы Лиувилля как основы статистической механики, связывающей классическую механику с движением несжимаемого потока плотности вероятности. Конечно, в этом ему помогло великолепное знание основных принципов механики...» (Полак, 1987, с.160). Независимо от Больцмана указанный принцип был сформулирован в статистической механике Д.Максвеллом и Д.В.Гиббсом на основе той же самой аналогии, причем Гиббс раскрыл истинное значение данного принципа в термодинамической науке. Смысл теоремы Лиувилля можно объяснить словами И.Пригожина. «...Динамическая эволюция сохраняет число представляющих точек в фазовом пространстве. Это фундаментальное свойство приводит к теореме Лиувилля, которую мы уже излагали. Эта теорема утверждает, что плотность ведет себя как

несжимаемая жидкость: для любой динамической системы объем области, занятой представляющими точками в фазовом пространстве, сохраняется в ходе эволюции. Однако, как уже упоминалось, теорема Лиувилля отнюдь не исключает изменения формы области, занятой представляющими точками» (И.Пригожин, «Время. Хаос. Квант», 2005).

**151) Аналогия Людвиг Больцмана.** Людвиг Больцман (1871) сформулировал гипотезу о статистической природе второго начала термодинамики, о вероятностном характере термодинамического принципа о стремлении энтропии мира к максимуму, воспользовавшись аналогией. Больцман опирался на аналогию со статистической природой известного закона Максвелла (1859) о распределении молекул газа по скоростям. Чтобы вывести этот закон, Максвелл использовал вспомогательное предположение о статистической независимости компонент скоростей молекул газа. В целях математического вычисления величины энтропии Больцман также использовал вспомогательное предположение, а именно гипотезу молекулярного хаоса, согласно которой координаты и скорости каждой молекулы газа не зависят от координат и скорости всех остальных молекул газа. Л.С.Полак в книге «Людвиг Больцман» (1987) констатирует: «Закон распределения скоростей Максвелла был отправным пунктом исследований Больцмана в кинетической теории газов» (Полак, 1987, с.86). Есть основания предполагать, что Максвелл догадывался о вероятностной природе второго начала термодинамики, поскольку он придумал парадокс, в котором некое хитроумное устройство («демон Максвелла») способно было сортировать молекулы газа по скоростям таким образом, что величина энтропии газа не увеличивалась, а уменьшалась. Демон Максвелла также стимулировал Больцмана к осознанию вероятностного характера закона возрастания энтропии. Г.М.Голин и С.Р.Филонович в книге «Классики физической науки» (1989) подчеркивают: «Максвелл, предложив известный мысленный эксперимент с так называемым «демоном», стимулировал поиски статистической интерпретации второго принципа термодинамики» (Голин, Филонович, 1989, с.470). Об отношении Максвелла ко второму началу термодинамики пишет также Я.Г.Дорфман. Во втором томе «Всемирной истории физики» (2007) он констатирует: «Интересно отметить, что Максвелл с самого начала считал второе начало законом статистическим и относился резко критически к любым попыткам вывести его из каких-либо принципов механики» (Дорфман, 2007, с.133). «Я часто указывал с максимально возможной для меня ясностью, - пишет сам Больцман, - что максвелловский закон распределения скоростей между молекулами газа никоим образом не является теоремой обычной механики, которую можно доказать, опираясь только на уравнения движения; напротив, можно лишь доказать, что он обладает весьма высокой степенью вероятности...» (Полак, 1987, с.156).

**152) Аналогия Людвиг Больцмана.** Л.Больцман ввел в молекулярно-кинетическую теорию газов понятие числа степеней свободы молекулы по аналогии с понятием числа степеней свободы материальной точки в классической механике. «...Это понятие, - пишет Я.М.Гельфер, - уже применялось в динамике системы материальных точек, но Больцман впервые понял целесообразность перенесения этого чисто механического (вернее, геометрического) понятия в молекулярно-кинетическую теорию» (Я.М.Гельфер, «История и методология термодинамики и статистической физики», 1969).

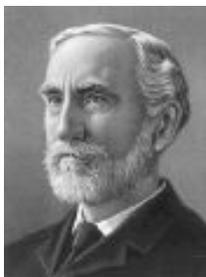
**153) Аналогия Людвиг Больцмана.** Л.Больцман сформулировал закон распределения скоростей молекул для газов, состоящих из многоатомных молекул и находящихся в силовом поле, по аналогии с законом распределения скоростей молекул Максвелла для одноатомного газа. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «В первой из указанных трех фундаментальных работ Больцмана отмечает роль Максвелла в выявлении роли теории вероятностей в молекулярно-кинетической теории газов, и говорит, что Максвелл ограничился исследованием закона распределения только для случая одноатомного газа. Поэтому следующий шаг должен

заклучаться в распространении найденного им закона на газы, находящиеся в силовом поле и состоящие из многоатомных молекул. Он показывает, что многоатомный газ, молекулы которого можно рассматривать как систему связанных между собой материальных точек, в равновесном состоянии будет также подчиняться закону распределения Максвелла» (Гельфер, 1981, с.296). Об этом же пишет А.Д.Суханов в статье «Роль вероятностных представлений в современной физике» (сборник «Математика и опыт», редактор – А.Г.Барабашев, 2003). Говоря об использовании параметров, подчиненных законам термодинамики, для описания свойств макрообъектов, А.Д.Суханов говорит: «Трактовка этих макропараметров как средних характеристик совокупности движущихся атомов в целом, образующих макрообъект, и привело к использованию вероятностного описания природы на микроуровне. Для модели равновесного идеального газа такое описание впервые было предложено в 1860 г. Дж.Максвеллом. Чтобы иметь возможность вычислять макропараметры такой системы в тепловом равновесии, он ввел распределение вероятностей молекул газа по скоростям, которое принципиально ничем не отличалось от нормального распределения Гаусса. Впоследствии оно было обобщено Л.Больцманом на случай газа, находящегося во внешнем потенциальном поле» (А.Д.Суханов, 2003).

**154) Аналогия Людвиг Больцмана.** Л.Больцман (1872) вычислил энтропию динамической системы, эволюционирующей от порядка к беспорядочному состоянию, по аналогии с вычислением вероятности распределения карт после очередной их тасовки. Другими словами, Л.Больцман провел аналогию между временной эволюцией динамической системы (между энтропией этой системы) и процессом тасовки обычных игровых карт. И.В.Андрианов, Р.Г.Баранцев и Л.И.Маневич в книге «Асимптотическая математика и синергетика: путь к целостной простоте» (2004) говорят об этой аналогии Больцмана в предположительном тоне, но ведь сама теория вероятностей, на которой основывался Больцман, выросла в трудах Паскаля и Ферма из анализа закономерностей азартных игр. В указанной книге И.В.Андрианов, Р.Г.Баранцев и Л.И.Маневич повествуют: «Проникновение вероятности в физику произошло в то время, когда атомно-молекулярное строение вещества не было еще твердо установлено и феноменологическая точка зрения, основанная на континуальных представлениях, многими исследователями воспринималась как последнее слово теории. Тем большего признания заслуживает вклад Д.Максвелла, Л.Больцмана и У.Гиббса, сформулировавших и далеко продвинувших проблему установления связи между макроскопическим поведением вещества и динамикой составляющих его тогда еще гипотетических молекул. Для Больцмана, посвятившего этой проблеме всю жизнь, руководящей идеей была, по-видимому, аналогия между временной эволюцией динамической системы и процессами, подобными, например, тасовке карт. Тасовка, начинающаяся с упорядоченного расположения карт от низших к высшим (или наоборот) в каждой масти (существует только 48 различных возможностей такого распределения), приводит, вообще говоря, к неупорядоченной колоде. Вероятность возвращения к упорядоченному расположению не равна нулю, но ничтожно мала. Больцман как раз и пытался истолковать понятие энтропии на языке теории вероятностей, считая, что эволюция механической системы в каком-то смысле напоминает формирование беспорядка (рост числа неупорядоченных распределений) при тасовке карт или, например, при расплывании первоначально сконцентрированной в малом объеме жидкости капли чернил» (И.В.Андрианов, Р.Г.Баранцев и Л.И.Маневич, 2004).

**155) Аналогия Людвиг Больцмана.** Идея Больцмана (1872) о дискретной структуре энергии молекул газа возникла благодаря проведению аналогии с фактом дискретного строения материи. Кроме того, данная идея диктовалась необходимостью вычислить вероятность состояния газовой системы, то есть ее энтропию с помощью средств теории комбинаторики. Без гипотезы о существовании отдельных порций (элементов) энергии молекул нельзя было избежать актуальной бесконечности, то есть бесконечного деления

энергии молекул газа. Позже великий немецкий физик М.Планк открыл гипотезу квантов, когда по аналогии перенес идею Больцмана о дискретной структуре энергии молекул в область электромагнитного излучения. Л.С.Полак в книге «Людвиг Больцман» (1987) пишет о Больцмане: «Он посвятил целый раздел своего мемуара рассмотрению альтернативного вывода указанных выше результатов. Этот альтернативный вывод он считал более ясным и более конструктивным. Основная идея его состояла в том, чтобы рассматривать энергию как дискретную, а не как непрерывную переменную, так что кинетическое уравнение (15) заменяется системой обыкновенных дифференциальных нестационарных уравнений. Больцман предпочитал думать, когда это было возможно, в терминах дискретных величин. Он аргументировал это тем, что такой путь имеет исторические прецеденты (Лагранж и Риман)» (Полак, 1987, с.89). «Таким образом, - резюмирует Л.С.Полак, - Больцман (за 28 лет до работы М.Планка о квантах энергии) использовал представление о дискретности энергии в процессе обмена при статистическом обосновании второго закона термодинамики. Это представление «о конечных порциях энергии», которыми могут обмениваться молекулы при столкновениях, привело Больцмана к подсчету числа столкновений методами комбинаторики» (там же, с.89). Реконструкция Л.С.Полака согласуется с описанием Я.М.Гельфера, который в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) говорит о Больцмане: «...Великий австрийский физик смело перенес идеи, разработанные им в молекулярно-кинетической теории, на процессы электромагнитного излучения. Этот шаг имел большое научное и методологическое значение: именно он подготовил почву, на которой Планк воздвиг здание квантовой теории» (Гельфер, 1981, с.470). Гипотеза естественного излучения возникла у Планка по аналогии с гипотезой молекулярного хаоса Больцмана. «Для того чтобы продвинуться дальше в теории теплового излучения, - пишет Я.М.Гельфер, - Планк вводит так называемую гипотезу естественного излучения, аналогичную гипотезе молекулярного хаоса в молекулярно-кинетической теории» (там же, с.471).



«Его студенты почитали этого странного, спокойного человека, которого никогда не встречали прогуливающимся по университетскому городку и редко видели вне его аудитории в старой лаборатории Слоуна. Для своих студентов он был почти божеством – наставником, которому поклонялись счастливицы, достаточно одаренные, чтобы озариться его невидимым ореолом».

Ли де Форест о Джозае Гиббсе

**156) Аналогия Джозайи Гиббса.** Джозайя Виллард Гиббс (1875-1878) нашел условия устойчивого термодинамического равновесия для различных молекулярно-кинетических систем по аналогии с условиями механического равновесия, найденными Луи Лагранжем для классических динамических систем. Эти условия выражаются в виде теорем, которые были доказаны математиком Лежен-Дирихле. У.И.Франкфурт и А.М.Френк в книге «Джозайя Виллард Гиббс» (1964) пишут: «Теория термодинамического равновесия развита Гиббсом по образцу механической статики Лагранжа» (Франкфурт, Френк, 1964, 163). «Гиббс, - поясняют данные авторы, - рассматривает условия, составляющие критерий термодинамического равновесия, как обобщение критерия равновесия, употребляемого в статике» (там же, с.161). Об этом же пишут Б.М.Каганович, А.В.Кейко и В.А.Шаманский в книге «Равновесное термодинамическое моделирование диссипативных макроскопических систем» (2007): «Гиббс в своем системном изложении макроскопической термодинамики [8], выполненном еще до построения им и Больцманом здания статистической механики, непосредственно опирался на равновесное лагранжево описание механических систем. Однако вместо одного общего уравнения равновесия Лагранжа, включившего в себя, по словам А.Н.Крылова, всю

механику Ньютона, Гиббс для вывода всех термодинамических соотношений использовал четыре фундаментальных уравнения, записанных для различных сочетаний независимых параметров» (Каганович, Кейко, Шаманский, 2007, с.8). Наконец, эквивалентную трактовку истории идеи Гиббса о термодинамическом равновесии можно найти в книге В.Н.Игнатовича «Введение в диалектико-материалистическое естествознание» (2007), в которой отмечается: «Можно сказать, что условие  $dS = 0$  в химической термодинамике появилось потому, что «теория термодинамического равновесия была развита Гиббсом по образцу механической статики Лагранжа, т.е. путем обобщения и распространения принципа виртуальных перемещений на термодинамические системы» [101, с.119]. Условие равенства нулю вариации энтропии изолированной системы является аналогом условия равенства нулю суммы виртуальных работ принципа возможных (виртуальных) перемещений аналитической механики (принципа виртуальной работы)» (Игнатович, 2007, с.403). Здесь [101] – это книга И.П.Базарова «Термодинамика» (Москва, изд-во «Высшая школа», 1991).

**157) Аналогия Джозайи Гиббса.** Д.Гиббс (1875-1878) разработал метод химических потенциалов в термодинамике (статистической физике) по аналогии с методом механических потенциалов из теории механического равновесия Лагранжа-Лапласа. Ю.И.Соловьев и Н.А.Фигуровский в книге «Сванте Аррениус» (1959) воспроизводят путь, который привел Гиббса к разработке данного метода: «Здесь приходилось опираться на ту же далеко идущую аналогию между химическими и физическими процессами, которая сыграла столь значительную роль в формировании химической термодинамики (например, при использовании уравнения Клапейрона-Клаузиуса)» (Ю.И.Соловьев, Н.А.Фигуровский, 1959). Данные историки химии имеют в виду, что Гиббс использовал ту же аналогию, которая помогла Вант-Гоффу перенести из молекулярно-кинетической теории газов в теорию растворов закон Бойля-Мариотта, закон Гей-Люссака, закон Авогадро и закон Клапейрона. Об аналогии, обнаруженной Гиббсом между механическими и химическими (термодинамическими) потенциалами, пишут У.И.Франкфурт и А.М.Френк в книге «Джозайя Виллард Гиббс» (1964). При этом они отмечают, что в ряде случаев Гиббс, используя данную аналогию, рисковал получить не вполне адекватные результаты: «Гиббс слишком далеко проводил аналогию и обобщение механического потенциала. Если приращение свободной энергии и может быть представлено как сумма механической и термической работы, обращаемой в нуль при постоянной температуре, то все же это не приводит к тождественности  $\psi$  и  $\epsilon$ » (Франкфурт, Френк, 1964, с.164). Здесь  $\psi$  – механический потенциал,  $\epsilon$  – свободная энергия.

**158) Аналогия Джозайи Гиббса.** Д.Гиббс (1875-1878) вывел канонические уравнения термодинамики по аналогии с канонической системой уравнений классической динамики, которая впервые появляется во втором издании первого тома «Аналитической механики» Лагранжа. Д.Гиббс также опирался на канонические уравнения динамики, выведенные Гамильтоном и использовавшиеся до Гиббса Максвеллом и Больцманом. У.И.Франкфурт и А.М.Френк в книге «Джозайя Виллард Гиббс» (1964) указывают: «Эволюция состояния микроскопической системы характеризуется изменением во времени координат и импульсов. Изменения эти происходят в соответствии с каноническими уравнениями Гамильтона. Простой и симметричный вид этих уравнений был использован до Гиббса во многих исследованиях Максвеллом и Больцманом» (Франкфурт, Френк, 1964, с.152).

**159) Аналогия Джозайи Гиббса.** Д.Гиббс (1902) пришел к принципу аддитивности энтропии, согласно которому энтропия газовой смеси равна сумме энтропий составляющих смесь компонентов, находящихся в том же объеме и при той же температуре, по аналогии с законом парциальных давлений Джона Дальтона (1803). Согласно этому закону, давление газовой смеси равно сумме давлений, которые имели бы компоненты этой смеси, если бы они существовали отдельно в том же объеме и при той же температуре. Я.М.Гельфер в книге

«История и методология термодинамики и статистической физики» (1969) подчеркивает: «Фундамент принципа аддитивности энтропии Гиббс видел в законе парциальных давлений Дальтона. Сам Гиббс во многих местах своей работы ссылается на этот закон» (Я.М.Гельфер, 1969). Гельфер отмечает, что, по сути дела, свойство аддитивности энтропии уже непосредственно следовало из ее определения, данного Клаузиусом. Однако Гиббс впервые обратил внимание на важность этого свойства энтропии. Поэтому приведенный выше принцип получил в дальнейшем наименование теоремы Гиббса.

**160) Аналогия Пьера Дюгема.** Французский физик П.Дюгем независимо от Д.Гиббса построил теорию термодинамического потенциала по аналогии с теорией механического потенциала Л.Лагранжа. Т.И.Райнов в статье «О типе разносторонности ученого» (журнал «Социалистическая реконструкция и наука», 1934, № 10) констатирует: «Так, Дюгем разработал свою теорию термодинамического потенциала, исходя из пристального изучения аналитической механики Лагранжа и из предположения, что существует аналогия между механическим и термодинамическим потенциалом. Развивая эту аналогию, Дюгем сделал крупный вклад в механику, в термодинамику и в химию» (Т.И.Райнов, 1934).

**161) Аналогия Джона Рэлея.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1904 год Джон Рэлей (1871) сделал заключение, что голубой цвет неба образуется за счет рассеяния света частицами, сосредоточенными в атмосфере, по аналогии с экспериментами Тиндаля и Брюкке. В ходе этих экспериментов Тиндаль и Брюкке заметили, что облако дыма, состоящее из мельчайших твердых частиц, имеет желтую окраску в проходящем свете и голубую – в рассеянном свете. Д.Рэлей очень высоко оценивал аналогию как творческую стратегию. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) цитирует Д.Рэлей: «Меня часто удивляет, что даже весьма крупные ученые уделяют столь незначительное внимание великому принципу подобия. Нередко случается, что результаты кропотливых исследований преподносятся как новые «законы», которые на самом деле можно было бы получить в течение нескольких минут» (Филиппов, 1990, с.86).

**162) Аналогия Джона Рэлея.** Д.Рэлей (1883) высказал предположение о возможности параметрического резонанса в электрических колебательных системах по аналогии с существованием параметрического резонанса в механических колебательных системах (в музыкальных инструментах). Н.Д.Папалекси в статье «Эволюция понятия резонанса» (УФН, 1947, № 4) пишет: «Как физическое явление параметрический резонанс был, по-видимому, впервые осуществлен в 1859 г. Мельде в его известном опыте возбуждения поперечных колебаний струны периодическим изменением ее натяжения с помощью вилки камертона, прикрепленной к ее свободному концу. На возможность осуществления таких явлений в электрических колебательных системах указывал еще в 1883 г. лорд Рэлей, который и дал впервые правильное теоретическое объяснение опыта Мельде» (Н.Д.Папалекси, УФН, 1947).

**163) Аналогия Джона Рэлея.** Д.Рэлей получил ряд важных результатов в теории колебаний упругих систем, когда по аналогии перенес в эту теорию теорему взаимности, доказанную Максвеллом и использовавшуюся в теории статически неопределимых систем. С.П.Тимошенко в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957) отмечает: «Широкое применение в исследовании статически неопределимых систем получили линии влияния. Построение их основано на теореме взаимности, доказанной Максвеллом для простого случая двух сил; общее доказательство этой теоремы было дано позднее итальянским ученым Бетти. Лорд Рэлей распространил теорему также и на колебания упругих систем, доказав, что если сила гармонического типа с заданными амплитудами и периодом действует на систему в точке Р, то получающееся в результате этого воздействия перемещение во второй точке Q будет иметь ту же амплитуду и ту же фазу, что и перемещение в точке Р, если бы сила была приложена в Q. Отсюда он вывел теорему

взаимности для статических условий как частный случай, в котором сила имеет бесконечно большой период» (Тимошенко, 1957, с.383).

**164) Аналогия Джона Рэля и Николая Кастерина.** Д.Рэлей и Н.П.Кастерин (1901) сформулировали идею о существовании давления волн, распространяющихся в упругом теле (в том числе волн, распространяющихся на поверхности воды) по аналогии с экспериментами П.Н.Лебедева (1899), в которых было обнаружено давление света. Точно так же, В.Я.Альтберг пришел к мысли о существовании звукового давления также по аналогии с опытами Лебедева, доказавшего реальность светового давления. Т.П.Кравец в статье «П.Н.Лебедев и световое давление» (УФН, 1952, март) пишет: «Когда П.Н.Лебедев опубликовал свою первую работу, которая обострила интерес физиков к волновому давлению, то с разных сторон было показано, что и другие теории, в частности и упругая, приводят к необходимости этого давления; необходимо только принять во внимание также силы второго порядка малости, в элементарной теории откидываемые. Первый, кто это показал, был Н.П.Кастерин (в докладе на Первом менделеевском съезде, в декабре 1901 года). Работа Н.П.Кастерина осталась ненапечатанной, так как почти одновременно появилась статья Рэля по тому же вопросу с выводами, весьма близкими к выводам Н.П.Кастерина. Рэлей и впоследствии не раз возвращался к этой теме» (Кравец, УФН, 1952, с.313). Примечательно, что Д.Рэлей отличался особой виртуозностью в использовании различных аналогий. Д.Говард в статье «Джон Уильям Стрэтт» (УФН, 1966, январь) подчеркивает: «...Он, пожалуй, лучше, чем кто-либо другой, разглядел родственные проблемы в динамике, акустике, оптике и теории электричества. После решения проблемы в одной области он мог немедленно разрешить аналогичную проблему в любой другой области» (Говард, УФН, 1952, с.151).



«Каждое новое открытие не является пределом, дальше которого идти нельзя, а, наоборот, служит проспектом, ведущим в новые, еще не исследованные страны, и пока наука будет существовать, будет существовать великое множество нерешенных проблем...».

Джозеф Томсон

**165) Аналогия Джозефа Томсона.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1906 год Д.Д.Томсон сформулировал теорию рэлеевского рассеяния рентгеновских лучей по аналогии с построенной Джоном Рэлеем теорией рэлеевского рассеяния оптических (видимых) лучей. Рэлеевское рассеяние – это рассеяние света без изменения длины волны на частицах, неоднородностях или других объектах, когда частота рассеиваемого света существенно меньше собственной частоты рассеивающего объекта или системы. Эквивалентная формулировка – рассеяние света на объектах, размеры которых меньше его длины волны. Рэлеевским рассеянием солнечного света на неоднородностях атмосферы объясняется голубой цвет неба. Дж.Говард в статье «Джон Уильям Стрэтт» (УФН, 1966, январь) пишет: «Рэлей несколько сторонился революционных, новых идей в физике. В быстрой последовательности Рентгеном были открыты рентгеновские лучи, Беккерелем – радиоактивность и Дж.Дж.Томсоном – электрон. Это все было разумно; действительно, Дж.Дж.Томсон немедленно распространил теорию рэлеевского рассеяния на рассеяние рентгеновских лучей» (Говард, УФН, 1966, с.159).

**166) Аналогия Джозефа Томсона.** Д.Д.Томсон высказал предположение о том, что электроны в атоме распределены в виде устойчивых оболочек (это было предвосхищение оболочечной модели атома Нильса Бора) по аналогии со следующими экспериментами

А.Н.Майера (1879). Этот исследователь брал диски, выполненные из того же материала, что и обычные пробки, втыкал в них одинаково намагниченные иголки. Пробки плавали в воде, над поверхностью которой помещался магнит, обращенный противоположным полюсом к полюсам иголок. Пуская поочередно пробки с иглами в воду, А.Н.Майер наблюдал, что 3 иглы образуют равносторонний треугольник, 4 иглы образуют квадрат, 5 – пятиугольник, 7 игл – кольцо из шести игл с седьмой иглой в центре. С.П.Кудрявцев в книге «Д.Д.Томсон» (1986) пишет: «Свой аналитический вывод расположения электронов в атоме Томсон проверил экспериментально с помощью метода, разработанного в 1879 г. американским физиком А.Н.Майером для других целей. Сущность его заключалась в следующем. В пробковые диски воткнуты одинаково намагниченные иголки. Пробки плавают в воде, над поверхностью которой помещен магнит, обращенный противоположным полюсом к полюсам иголок. Иголки у Томсона выполняли роль корпускул, а магнит – роль заряженной сферы. Пуская поочередно пробки с иглами в воду, можно видеть, что три иглы располагаются в вершинах квадрата, пять – вершинах пятиугольника. Если пустить шесть игл, то пять располагаются в вершинах пятиугольника, а шестая игла будет уже располагаться в центре. Если пустить семь игл, то шесть из них расположатся в одном кольце, а седьмая – в его центре. Этот метод плавающих магнитов наглядно представлял размещение электронов в атоме и подтвердил аналитические расчеты Томсона» (Кудрявцев, 1986, с.65). Впоследствии Д.Д.Томсон и другие ученые использовали идею оболочечного строения атома для объяснения периодичности свойств химических элементов в таблице Д.И.Менделеева. С.П.Кудрявцев в указанной книге отмечает: «Размещение электронов по кольцам в модели Томсона обнаруживало сходство с вертикальными столбцами таблицы» (там же, с.66). «Его модель, - говорит С.П.Кудрявцев о модели Томсона, - послужила источником многих идей как для ученых-современников Томсона, так и для физиков нашего времени. Безусловно, что многие его идеи были использованы Резерфордом и Бором при построении ими своих моделей атома, в частности идея распределения электронов по кольцам» (там же, с.68).

**167) Аналогия Б.Феддерсена и О.Рейнольдса.** Б.Феддерсон (1873) и О.Рейнольдс (1879) высказали идею о возможности диффузии однородного газа через пористую перегородку при наличии разности температур (градиента температур) на обеих сторонах пористой перегородки по аналогии с явлением диффузии одного газа в другой через пористую перегородку при наличии разности давлений (концентраций). Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) пишет о Рейнольдсе: «В работе «Экспериментальные исследования термического проникновения газов сквозь пористые перегородки», опубликованной в 1879 г., он независимо от Феддерсена также предсказал существование термодиффузии. В этой работе он, в частности пишет: «К числу наиболее известных явлений принадлежит различие в скоростях, с которыми различные газы просачиваются через тонкие каналы, и разность давлений, возникающая в том случае, когда два различных газа, находящиеся первоначально при одинаковом давлении, разделяются пористой перегородкой. Но, по-видимому, до сих пор еще не было сделано попытки выявления аналогичного явления, а именно: не станет ли газ проходить через перегородку при наличии одной лишь разности температур на той и другой сторонах пластины, при отсутствии какой-либо первоначальной разности давления или различия химического состава. Мне также неизвестно, высказал ли кто-нибудь предположение о возможности подобного действия разности температур» (Гельфер, 1981, с.249). Диффузия, обусловленная градиентом давлений, была открыта в 1872 году французским ученым Л.Дюфуrom, а диффузия, предсказанная Феддерсоном и Рейнольдсом, позже получила название эффекта Соре. Таким образом, эффект Соре был теоретически предсказан по аналогии с эффектом Дюфура.

**168) Аналогия Осборна Рейнольдса.** Английский физик и инженер О.Рейнольдс (1874) открыл путь к решению ряда гидродинамических задач, когда заметил аналогию между

теплопередачей и сопротивлением трения в пограничном слое жидкости. Г.Шлихтинг в книге «Теория пограничного слоя» (1974) указывает: «В вынужденном конвективном течении существует примечательная связь между теплопередачей и сопротивлением трения в пограничном слое, на которую в ее простейшей форме указал О.Рейнольдс еще в 1874 г., поэтому эта связь называется также аналогией Рейнольдса» (Шлихтинг, 1974, с.269). «Однако, - добавляет Г.Шлихтинг, - наиболее существенно то, что аналогия Рейнольдса находит применение также при турбулентных течениях и играет там важную роль при расчете теплопередачи...» (там же, с.270). В другом месте своей книги Г.Шлихтинг вновь возвращается к обсуждению указанной аналогии: «...Теплообмен и обмен импульсами, а потому теплопередача на стенке и сопротивление трения тесно связаны между собой. На эту аналогию между процессами обмена тепла и импульсов впервые указал Рейнольдс, поэтому ее часто называют аналогией Рейнольдса. С помощью аналогии Рейнольдса можно из известных законов сопротивления трения в турбулентном течении вывести заключения о теплопередаче» (там же, с.631). Об этом же пишут Ф.Ф.Цветков и Б.А.Григорьев в книге «Тепломассообмен» (2005): «В 1874 г. О.Рейнольдс высказал предположение, что в турбулентном потоке процессы переноса теплоты и количества движения (импульса) аналогичны, в связи с чем при взаимодействии нагретой жидкости с холодным твердым телом относительное изменение ее «теплосодержания» (т.е. энтальпии) должно быть равно относительному изменению количества движения...» (Цветков, Григорьев, 2005, с.200).

**169) Аналогия Николая Умова.** Н.А.Умов (1874) открыл уравнения движения энергии в упругодеформированных средах, то есть решил задачу о вычислении скорости возрастания энтропии по аналогии с уравнениями движения жидкости. Основание для проведения подобной аналогии Умов видел в том, что как движение жидкости, так и поток энергии в упругих средах описываются законом, согласно которому энергия пропорциональна произведению массы на квадрат скорости, деленному на 2. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) пишет: «...Уже в рамках классической физики возникли идеи и понятия, на основе которых был решен вопрос о вычислении скорости возрастания энтропии. Это, прежде всего, относится к разработке понятия о потоке энергии, начатой Н.А.Умовым в 1874 г. Учение о потоке энергии Умов первоначально разработал для упругодеформированных сред. В работе «Теория простых сред» и главным образом в диссертации «Уравнения движения энергии в телах» он перенес идеи гидродинамики на движение энергии. Как движущаяся жидкость несет дополнительно энергию, пропорциональную скорости ее частиц и давлению, так и любой элемент объема среды, в которой частицы находятся в движении, всегда заключает определенное количество энергии... при этом Умов не отождествлял энергию с веществом, с материей. Он использовал лишь формальную аналогию между дифференциальными уравнениями гидродинамики и движения энергии, которая является следствием того, что как вещество, так и энергия подчиняются законам сохранения...» (Гельфер, 1981, с.241).

**170) Аналогия Джона Пойнтинга.** Д.Пойнтинг независимо от Н.А.Умова нашел уравнения переноса энергии электромагнитных волн по аналогии с исследованиями Осборна Рейнольдса, который сумел вычислить перенос энергии волнами жидкости (гидродинамическими волнами). А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) пишет: «Независимо от Умова английский физик Осборн Рейнольдс (1842-1912), наиболее известный своими работами по гидродинамике, рассмотрел под влиянием Рэлея вопрос о том, как переносится энергия волнами в жидкости (1877 г.). Он связал перенос энергии с давлением бегущей волны, вычислил это давление и показал, что энергия распространяется не с фазовой скоростью, а с групповой. Эта мысль была подхвачена Джоном Пойнтингом (1852-1914), который нашел уравнения переноса энергии электромагнитного поля. Из них, в частности, следовало, что электромагнитная волна также должна оказывать давление» (Филиппов, 1990, с.152).

**171) Аналогия А.Теплера.** Немецкий ученый А.Теплер создал свой известный насос по аналогии с манометром Г.Маклеода, предназначенным для измерения низких давлений. С.Браун в статье «Краткая история газовой электроники» (УФН, 1981, апрель) пишет: «В 1874 г. Маклеод предложил свой знаменитый манометр, а вскоре после этого Теплер изобрел насос, который работал как манометр Маклеода, но к верхнему измерительному отростку была присоединена трубка, которую и нужно было откачивать, так что терпеливо и многократно поднимая и опуская ртутный столб, можно было понизить давление в трубке» (Браун, УФН, 1981, с.696).

**172) Аналогия Вильяма Крукса.** Вильям Крукс (1879) выдвинул гипотезу о корпускулярной природе катодных лучей, основываясь на следующем сходстве (анalogии) катодных лучей и световых колебаний: если поместить в катодно-лучевую трубку какой-либо предмет, находящийся на пути катодных лучей, то эти лучи оставляют за предметом такую же тень, какую оставляют световые колебания, падающие на какое-либо препятствие. Крукс знал, что, когда Ньютон (1686) обосновывал корпускулярную природу света, он использовал в качестве доказательства тот факт, что свет не способен огибать препятствия и всегда оставляет тень (К.Р.Манолов, В.М.Тютюнник, «Биография атома», 1985).

**173) Аналогия Артура Шустера.** Предположение известного физика А.Шустера (1882) о наличии заряженных частиц (ионов) в газах опиралось на аналогю с фактом наличия заряженных частиц (ионов) в электролитах. Данный факт был установлен еще М.Фарадеем (Б.И.Спасский, «История физики», 1977). Об этом же пишет Т.Е.Гнедина в книге «Полю Ланжевен» (1991): «Мало кто знает, что еще в 1882 г. немецкий ученый Гизе, изучавший проводимость пламени, а в 1884 г. – Шустер, пытавшийся объяснить явление искрового разряда, предполагали, что в газах происходят процессы, аналогичные электролизу» (Гнедина, 1991, с.51).

**174) Аналогия Эрнста Маха.** Эрнст Мах открыл свой знаменитый принцип, согласно которому масса каждого тела зависит от масс взаимодействующих с ним тел, по аналогии с тем фактом, что величина ускорения любого тела зависит от ускорения взаимодействующих с ним тел. Историк науки А.Т.Григорьян в книге «Механика от античности до наших дней» (1974) пишет: «Мах, объявив взаимодействие масс причиной сил инерции, хотел спасти основу классической механики – зависимость ускорений от такого взаимодействия. По существу он выступил против ньютонова абсолютного пространства с классических позиций» (Григорьян, 1974, с.295). Есть основания считать, что другой исходной посылкой принципа Маха была аналогия с утверждениями буддийских учений, согласно которым все события во Вселенной связаны между собой. Сейфер Марк в книге «Никола Тесла – повелитель Вселенной» (2007) отмечает: «Под влиянием буддийских учений, которые, несомненно, просачивались в эзотерические дискуссии студентов университета, Мах предположил, что все события во Вселенной связаны между собой. «Инерция системы сводится к функциональной взаимосвязи системы и Вселенной» (Марк, 2007, с.39).

**175) Аналогия Пауля Друде.** Немецкий физик Пауль Друде (1884, 1900) независимо от Х.Лоренца разработал предварительный вариант электронной теории металлов по аналогии с кинетической теорией газов. П.Друде вывел в своей теории уравнение проводимости электронного газа по аналогии с кинетическим уравнением Больцмана. Об этой аналогии пишет Б.И.Спасский в книге «История физики» (1977): «Немецкий физик Друде полагал, что электроны, находящиеся в металле, являются свободными и ведут себя подобно атомам идеального газа. Эта гипотеза дала ему возможность, применив методы кинетической теории газов к электронам внутри металла, построить электронную теорию металлов, которая была далее разработана Лоренцем в 1904-1907 гг.» (Спасский, 1977). Я.М.Гельфер в книге

«История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) отмечает: «Первый успешный набросок электронной теории проводимости был дан немецким физиком П.Друде в работе «К электронной теории проводимости металлов». Друде высказал гипотезу о наличии в металлах свободных электронов, поведение которых аналогично поведению совокупности молекул идеального газа. Поэтому, согласно Друде, свойства «электронного газа» можно описать с помощью понятий молекулярно-кинетической теории: длины свободного пробега, тепловой скорости электронов, теплоемкости газа и др.» (Гельфер, 1981, с.436). Упоминание об исследованиях Друде встречается также у В.Я.Френкеля в книге «Яков Ильич Френкель» (1966): «Друде, исходя из представления, что в металлическом проводнике имеются свободные электроны, ответственные за электропроводность, развил простую теорию, в которой трактовал эти электроны как идеальный газ, запертый в объеме металла и находящийся при его температуре» (В.Я.Френкель, 1966, с.140). В электронной энциклопедии «Элементы большой науки» (Интернет) в статье «Электронная теория проводимости» констатируется: «Друде весьма серьезно подошел к описанию свободных электронов. Он предположил, что внутри металла они ведут себя подобно идеальному газу, и применил к ним уравнение состояния идеального газа, достаточно справедливо проведя аналогию между соударениями электронов и тепловыми соударениями молекул идеального газа. Это позволило ему сформулировать формулу электрического сопротивления как функции среднего времени между соударениями свободных электронов с атомами кристаллической решетки. Подобно многим простым теориям, электронная теория проводимости хорошо описывает некоторые основные явления из области электропроводности...» (сайт «Элементы большой науки»).

**176) Аналогия Хендрика Лоренца.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1902 год Хендрик Лоренц (1892) построил электронную теорию металлов, которая преследовала цель усовершенствовать теорию металлов Друде, по аналогии с молекулярно-кинетической теорией Максвелла-Больцмана (1873). Лоренц ввел в свою теорию закон распределения электронов по скоростям по аналогии с законом распределения молекул газа по скоростям, сформулированным Максвеллом (П.С.Кудрявцев, «Д.Д.Томсон», 1986). Как пишет В.Я.Френкель о теории Друде, усовершенствованной Лоренцем, «вскоре она была уточнена Лоренцем, который учел то обстоятельство, что электроны имеют скорости, распределенные по закону Максвелла. Это привело к поправке к численному коэффициенту в формуле, описывающей закон Видемана-Франца...» (В.Я.Френкель, 1966, с.140).

**177) Аналогия Хендрика Лоренца.** Хендрик Лоренц пришел к выводу о том, что источником электромагнитных полей Максвелла, простирающихся в однородном и неподвижном эфире, являются электрические заряды дискретной структуры, когда по аналогии распространил на область электричества атомистические представления о строении вещества. Луи де Бройль в книге «По тропам науки» (1962) пишет о Лоренце: «Существенная идея, которая возникла тогда у Лоренца, состояла во введении атомистики в рамки теории Максвелла. Убеденный в атомистическом строении вещества, Лоренц пришел к выводу, что этот атомизм справедлив также и в случае электричества, и допустил, что в поля теории Максвелла, понимаемые как простирающиеся в однородном и неподвижном эфире, следует ввести электрические заряды дискретной структуры, которые служили бы источниками полей и подвергались бы их воздействию. Эти идеи оказались в полном согласии со сделанными в то время открытиями в области исследования ионов и катодных лучей» (де Бройль, 1962, с.18). Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) резюмирует: «Таким образом, основная идея Лоренца состояла во введении атомистических представлений в феноменологическую теорию Максвелла аналогично тому, как это было сделано Клаузиусом и Больцманом по отношению к феноменологической теории теплоты» (Гельфер, 1981, с.437).

**178) Аналогия Хендрика Лоренца.** Хендрик Лоренц предсказал эффект Зеемана (факт изменения спектральных линий вещества под влиянием магнитного поля) по аналогии с эффектом Фарадея (фактом вращения плоскости поляризации света в магнитном поле). М.Фарадей открыл данный эффект в 1845 году (Е.М.Кляус, «Х.Лоренц», 1974, А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981, В.И.Рыдник, «Электроны шагают в ногу, или история сверхпроводимости», 1986).

**179) Аналогия Альберта Майкельсона.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1907 год Альберт Майкельсон (1881) пришел к идее опыта с интерференцией световых лучей, распространяющихся в разных направлениях относительно траектории Земли в ее орбитальном движении, руководствуясь аналогией. В частности, А.Майкельсон действовал по аналогии с опытом Физо (1851) с интерференцией световых лучей, прошедших в разных направлениях через текущую жидкость (А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981). Описывая историю постановки эксперимента Майкельсона, историки науки А.Голин и С.Филонович дают понять, что догадка Майкельсона об измерении коэффициента увлечения эфира методом смещения интерференционных полос возникла у него по аналогии с экспериментами Физо по измерению коэффициента увлечения воды путем определения смещения тех же интерференционных полос. Физо исследовал распространение света в движущейся жидкости. Его интересовала зависимость скорости света от скорости движения воды. Майкельсон исследовал распространение света в движущемся эфире. Его интересовала зависимость скорости света от скорости движения Земли и эфира (А.Голин, С.Филонович, «Классики физической науки», 1989). Об этом же пишет Бернард Джефф в книге «Майкельсон и скорость света» (1963): «В 1851 году Физо попытался выяснить, влияет ли движущийся водный поток на скорость света, и если да, то в какой степени. В своем опыте он использовал явление интерференции. Он пропускал два световых пучка по параллельным стеклянным трубкам, в которые с большой скоростью нагнеталась вода. В одной трубке свет шел в направлении движения воды, а в другой – в противоположном направлении. Через восемь лет Майкельсон повторил этот опыт, несколько его видоизменив» (Б.Джефф, 1963). Со слов Б.Джеффа, «Майкельсон использовал принцип обоих аппаратов Физо и на этой основе создал гораздо более совершенный и чрезвычайно точный инструмент – интерферометр Майкельсона. До этого были уже другие интерферометры, в частности интерферометр, сконструированный английским физиком лордом Рэлеем, но прибор Майкельсона превосходил все остальные точностью и заслужил всеобщую известность» (Б.Джефф, 1963).

**180) Аналогия О.Хевисайда и Пойнтинга.** Идея О.Хевисайда (1885) и Пойнтинга (1884) о существовании вектора потока энергии электромагнитного поля возникла у данных ученых по аналогии с вектором движения механических тел (Б.И.Спасский, «История физики», 1977).

**181) Аналогия О.Хевисайда и А.Зоммерфельда.** Оливер Хевисайд (1888) и независимо от него Арнольд Зоммерфельд (1904) пришли к идее о способности тела, движущегося со сверхсветовой скоростью, излучать световые колебания, по аналогии с эффектом Эрнста Маха, в котором пуля, движущаяся со сверхзвуковой скоростью, излучает звук («Воспоминания о И.Е.Тамме», под ред. В.Л.Гинзбурга, 1986). Похожие соображения, основанные на аналогии, позже позволили И.Е.Тамму и И.М.Франку построить теорию излучения Черенкова-Вавилова, за которую они были удостоены в 1958 г. Нобелевской премии. Излучение Черенкова-Вавилова – это появление светового излучения при движении электронов в данной среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде (Б.М.Болотовский, «Оливер Хевисайд», 1985). Кроме Хевисайда и Зоммерфельда о существовании данного эффекта для света догадывался лорд Кельвин. И.М.Франк пишет: «Оказалось, как обнаружил С.И.Вавилов, еще до Зоммерфельда лорд Кельвин в 1901 г. отметил, что атом при сверхсветовой скорости должен излучать свет. При этом он

пользовался аналогией с волнами Маха» («Воспоминания о И.Е.Тамме» под ред.В.Л.Гинзбурга, 1986).

**182) Аналогия Оливера Хевисайда.** О.Хевисайд (1896) предсказал существование диэлектриков, создающих в окружающем пространстве постоянное электрическое поле, по аналогии с существованием постоянных магнитов, создающих вокруг себя стабильное магнитное поле. Диэлектрики, предсказанные Хевисайдом, были названы электретами. И.И.Никифоров в статье «Замороженное электричество» (журнал «Химия и жизнь», 1974, № 12) указывает: «История науки знает множество случаев, когда внезапно обнаруженные аналогии между явлениями, пусть даже весьма далекими по своей природе, но обладающими внешним сходством, наталкивали ученых на открытия, изобретения, новые теории. В частности, очень полезной оказалась аналогия между магнитоэлектрическими и электростатическими явлениями, на которую впервые обратил внимание известный английский физик Оливер Хевисайд. Анализируя уравнения Максвелла, он в конце прошлого века пришел к выводу, что в природе должны существовать электрические аналоги постоянных магнитов. Другими словами, возможны диэлектрики, создающие в окружающем их пространстве постоянное электрическое поле, подобное магнитному полю вокруг постоянного магнита» (И.И.Никифоров, 1974). «Первый электрет, - продолжает И.И.Никифоров, - получил в 1922 году японец Мототаро Егучи. Он взял ровные части карнаубского воска (смола южноамериканской пальмы карнауба – хороший диэлектрик с низкой температурой плавления) и канифоли, добавил пчелиный воск и расплавил смесь. Нагретую до температуры 130°C жидкость Егучи вылил в круглую металлическую ванночку, которая служила электродом. Другой электрод был помещен сверху. Затем экспериментатор подключил электроды к источнику высокого напряжения. Когда смесь остыла и затвердела, Егучи отключил источник питания и вынул диск из ванночки. Подключив диск к электрометру, он обнаружил, что пластинка обладает электрическим зарядом, который со временем почти не изменяется» (И.И.Никифоров, 1974).

**183) Аналогия Оливера Хевисайда.** О.Хевисайд (1902) предсказал существование электрически активного слоя в верхних слоях атмосферы, который экранирует радиоволны, по аналогии с экспериментами Г.Герца, в которых было обнаружено, что проводники электрического тока ведут радиоволну вдоль линии, отражая ее. Одновременно с Хевисайдом предположение о существовании проводящего слоя, расположенного на большой высоте, сделал американский ученый Кеннелли. Были и более ранние предположения о существовании высоко в атмосфере области с электрической проводимостью (Бальфур Стюарт, 1882, Шустер, 1887). Об этом пишет Б.М.Болотовский в книге «Оливер Хевисайд» (1985).

**184) Аналогия Чарльза Штейнмеца.** Известный электротехник 19 века Чарльз Штейнмец (1894) построил математическую теорию электрических цепей, когда перенес в область описания этих цепей теорию малых колебаний, основанную на комплексном представлении гармонических переменных и ранее развитую в механике. Таким образом, Ч.Штейнмец разработал метод комплексного представления гармонических переменных в теории электрических цепей по аналогии с методом комплексного представления гармонических переменных в механике. В.М.Родионов в книге «Формирование радиоэлектроники» (1988) пишет о последствиях осознания учеными общности ряда задач в теории электричества и механике: «Это позволило широко использовать в теории цепей теорию малых колебаний, развитую ранее в механике, в частности, комплексное представление гармонических переменных (ввел Ч.Штейнмец в 1894 г.). На основе понятия комплексного сопротивления О.Хевисайд (1899) сформулировал ряд приемов, известных как основы операционного исчисления (лишь значительно позднее Дж.Карсон указал на связь метода Хевисайда с преобразованиями Лапласа, которые были известны еще Л.Эйлеру)» (Родионов, 1988, с.61).

Интересно, что Ч.Штейнмец первоначально защищал первенство Николы Теслы в создании трехфазной системы переменного тока, отрицая приоритет М.Доливо-Добровольского, однако позже изменил свою точку зрения на противоположную (и явно ошибочную). Информация об этом имеется в книге Сейфера Марка «Никола Тесла: повелитель Вселенной» (2007).

**185) Аналогия Ауреля Стодолы.** Выдающийся словацкий теплотехник Аурель Стодола (1893-1899) разработал математический аппарат для описания регуляторов непрямого действия по аналогии с математической теорией регуляторов прямого действия русского ученого И.А.Вышнеградского. Ю.П.Петров в книге «Лекции по истории прикладной математики» (2001) отмечает: «Основные работы А.Стодолы по автоматическому регулированию опубликованы в период 1893-1899 гг. В них А.Стодола распространил результаты И.А.Вышнеградского на регуляторы непрямого действия, где передвижение исполнительного механизма регулятора осуществляет не сам чувствительный элемент, а особый двигатель – сервомотор, имеющий самостоятельный источник энергии» (Петров, 2001, с.219). Относительно заслуг И.А.Вышнеградского Ю.П.Петров пишет: «Независимо друг от друга и Максвелл и Вышнеградский пришли к выводу, что исследование устойчивости работы машины, снабженной регулятором, можно свести к исследованию корней характеристического уравнения ее малых колебаний» (там же, с.217). «Вышнеградский, - поясняет Ю.П.Петров, - прекрасно понимал, что исследование по прикладной математике только тогда имеет смысл, когда оно доходит до потребителя, до инженера, а инженер может уделить любым работам по прикладной математике лишь очень небольшую долю своего времени» (там же, с.218).

**186) Аналогия Николы Тесла.** Никола Тесла высказал идею о возможности вызвать электрические колебания внутреннего заряда Земли путем резонансного воздействия на этот заряд переменным электрическим током, по аналогии со своими экспериментами, в которых генератор переменного тока, возбуждавший колебания определенной частоты, вызывал электрические колебания в резонаторе при совпадении частот в двух разных системах. Другой исходной посылкой идеи Тесла была аналогия с теорией акустических резонаторов (камертонов) Гельмгольца. Велемир Абрамович в статье «Метафизика и космология Николы Тесла» (журнал «Дельфис», № 1 (17), 1999), перечисляя открытия Теслы в области физики и техники, отмечает следующее его открытие: «Еще – волновые процессы в земной ионосфере; в популярном объяснении это открытие означает, что поле Земли реагирует на электрические вибрации заданной частоты так же, как камертон резонирует при определенной длине волны. Эти электрические вибрации способны сильно действовать на поле Земли. Такой резонансный эффект может быть использован многими способами и, прежде всего, для изменения всемирной энергетической системы, далеко не совершенной и не до конца исчерпавшей природные возможности» (В.Абрамович, 1999).

**187) Аналогия Карла Бьеркнеса и Вильгельма Бьеркнеса.** К.Бьеркнес и В.Бьеркнес дали набросок гидродинамической теории гравитации, когда обратили внимание на аналогию между гравитационным притяжением масс и притяжением двух гидродинамических вихрей на поверхности жидкости. Другой исходной посылкой послужила аналогия с притяжением двух струй дыма, поднимающихся из труб при отсутствии ветра. В настоящее время есть ученые, чьи усилия сосредоточены на дальнейшем развитии представлений Бьеркнесов. А.Н.Голубятников в статье «О концентрации кинетической энергии при фазовых переходах» (сборник тезисов Всероссийской конференции «Успехи механики сплошных сред», Владивосток, 2009) отмечает: «В свое время У.Томсоном (1870) был обнаружен эффект взаимного притяжения двух источников массы одного знака, помещенных в несжимаемую жидкость. В этом случае явно вычисляется сила взаимодействия, которая дает закон Ньютона. Представление об этом явлении можно получить, наблюдая взаимодействие струй дыма,

поднимающихся из труб при отсутствии ветра. Это наблюдение дало толчок к попыткам гидродинамического объяснения теории гравитации (К. и В.Бьеркнесы, 1877-1910), а также позволило предложить прямое физическое моделирование гравитационного взаимодействия, опираясь на теорию смеси (А.Н.Голубятников, 2003)» (Голубятников, 2009, с.116). Интересно, что Бьеркнесам принадлежат и другие открытые ими аналогии. Так, А.А.Богданов в книге «Тектология: всеобщая организационная наука» (1989) пишет: «...Бьеркнесу удалось показать полную аналогию расположения силовых линий гидродинамического поля, его моделей с магнитными «спектрами» из железных опилок. Также интересны аналогии, идущие вплоть до мелких деталей, между процессами намагничивания и эластическими изменениями в процессах кручения – поражающий параллелизм, указанный Видеманом» (А.А.Богданов, 1989). Ю.А.Храмов в своем биографическом справочнике «Физики» (1983) говорит о Карле Бьеркнесе: «В 1875 открыл аналогию между движением тел в идеальной жидкости и электродинамическими явлениями. Пытался объяснить электромагнитные силы с помощью гидродинамических. Дал так называемую гидродинамическую картину мира» (Храмов, 1983, с.50).

**188) Аналогия Николая Жуковского.** Н.Е.Жуковский нашел математическое решение задачи об определении места порчи в водопроводных трубах по аналогии с математическим решением, предложенным В.Томсоном (лордом Кельвином) для определения места порчи подводного телеграфного кабеля. Академик А.Н.Крылов в статье «Некоторые воспоминания о Н.Е.Жуковском» (А.Н.Крылов, «Воспоминания и очерки», 1956) пишет: «В конце 1880-х и начале 1890-х годов Н.Е.Жуковский иногда наезжал и делал в техническом обществе свои доклады или выступал на чужих докладах. Мне особенно запомнился его доклад «Об определении места порчи в водопроводных трубах»; конечно, не тогда, когда вода бьет фонтаном до пятого этажа, нет, а когда снаружи ничего не видно. Метода Жуковского, основанная на рассмотрении записи давления после внезапного открытия клинкетта, установлена блестящим математическим анализом. Эта метода тогда же была проверена опытами на московском водопроводе и вошла в практику. Любопытно сопоставить эту методу Жуковского с методом лорда Кельвина (В.Томсона) определения места порчи подводного телеграфного кабеля; математическая аналогия довольно замечательна» (А.Н.Крылов, 1956).

**189) Аналогия Николая Жуковского.** Н.Е.Жуковский (1902) пришел к мысли об использовании аэродинамической трубы в экспериментах, направленных на выяснение законов аэродинамики, по аналогии с исследованиями К.Э.Циолковского (1897), который, впервые создав аэродинамическую трубу (воздуходувку), помещал в нее модели аэростатов с самыми причудливыми формами. В.Демин в книге «Циолковский» (2005) пишет о нем: «Воздуходувка – важнейший этап в техническом творчестве Циолковского. Впервые он сообщил о своем открытии и предварительных результатах опытов в октябре 1897 года в письме к профессору А.Л.Гершуну, являвшемуся в те годы членом президиума Русского физико-химического общества, а в следующем году опубликовал описание своего детища в четырех номерах специального журнала «Вестник опытной физики и математики», издававшегося в Одессе» (Демин, 2005, с.83). Демин говорит о Циолковском, что «экспериментатор сам изготавливал и помещал в аэродинамическую трубу плоские пластинки самых причудливых форм, круглые и эллиптические цилиндры, модели аэростатов с различным удлинением и разнообразной геометрической конфигурацией. Таким образом изучались подъемная сила и лобовое сопротивление крыльев аэропланов и сигаровидных дирижаблей. Все опыты Циолковский проводил самостоятельно и без чьей-либо помощи. В течение двух лет был собран огромный экспериментальный материал и выявлены важнейшие закономерности, в настоящее время составляющие фундамент теоретической и практической аэродинамики» (там же, с.84). «Только через пять лет, - отмечает Демин, - Жуковский повторил по сути дела опыты Циолковского и с помощью аэродинамической трубы произвел

ряд классических опытов по выяснению законов аэродинамики, на которых было основано конструирование будущих винтовых самолетов» (там же, с.85). Аэродинамические трубы Жуковского отличались от воздуходувок Циолковского лишь большими размерами. Здесь мы видим, что аналогия, использованная Жуковским, относится к категории аналогий-ассимиляций, основанных на прямом заимствовании, к категории форм переноса, в которых осуществляется непосредственное копирование оригинала. Использование данной формы аналогии, несмотря на ее распространенность, часто приводит к спорам о приоритете, а иногда и к скандалам в науке. Например, Демин, касаясь того, что Жуковский стал использовать в своих исследованиях аэродинамическую трубу Циолковского, не ссылаясь на последнего, говорит о Жуковском: «Профессор, видимо, не мог простить недипломированному самоучке из Калуги, что собственные теоретические исследования привели его к результатам, задолго до того уже полученным Циолковским. Творческое самолюбие было настолько задето, что до конца жизни не давало покоя знаменитому ученому» (Демин, 2005, с.85).

**190) Аналогия Николая Жуковского.** Н.Е.Жуковский (1904) открыл в аэродинамике закон подъемной силы крыла, согласно которому подъемная сила крыла равна произведению скорости потока воздуха, плотности воздуха и его циркуляции, по аналогии с законом подъемной силы, возникающей при движении вращающегося цилиндра в жидкости. Эта гидродинамическая подъемная сила также равна произведению скорости потока жидкости, плотности жидкости и величине циркуляции. А.Т.Григорьян в книге «Механика от античности до наших дней» (1974) отмечает: «Решающую роль в дальнейшем развитии аэродинамики сыграла разработка учения о вихревых движениях (Гельмгольц и др.), широко развитого и использованного рядом русских ученых. Н.Е.Жуковский и С.А.Чаплыгин получили первые фундаментальные результаты в изучении подъемной силы крыла для случая идеальной жидкости, результаты, которые легли в основу авиационной науки. Эти же два ученых явились создателями крупнейшей советской школы аэродинамики и газовой динамики» (Григорьян, 1974, с.300). По свидетельству А.Т.Григорьяна, «...глубокие изыскания в области классической гидродинамики позволили Жуковскому в 1905 г. дать исчерпывающее решение задачи о подъемной силе» (там же, с.376). С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982) подтверждает, что аэродинамика выросла из гидродинамики: «Аэродинамика – наука о движении воздуха и его воздействии на обтекаемые им тела – начала зарождаться в связи с первыми попытками создания летательных аппаратов. Она возникла и формировалась на основе использования теоретических положений классической гидродинамики, а также результатов аэродинамических экспериментов» (Шухардин, 1982, с.283). «В постановке и решении ряда задач, - аргументирует С.В.Шухардин, - в частности для схематизации движения воздуха и его действия на тело, немаловажную роль сыграли различные гидродинамические модели. При этом большую роль сыграла ударная теория сопротивления И.Ньютона (1686), теория идеальной несжимаемой жидкости, разработанная Д.Бернулли (1738) и Л.Эйлером (1769), теория вязкой несжимаемой жидкости, созданная А.Навье (1822) и Дж.Г.Стоксом (1845), теория струйного обтекания тел, развитая Г.Гельмгольцем (1868), Г.Кирхгофом (1869), а в дальнейшем Рэлеем (1876), Д.К.Бобылевым (1881), Н.Е.Жуковским (1890), Дж.Мичеллом (1890), А.Лявом (1891)» (Шухардин, 1982, с.283).

**191) Аналогия Николая Жуковского.** Н.Е.Жуковский создал теорию аэродинамики больших скоростей по аналогии с теорией гидродинамики больших скоростей. Об этом свидетельствует название одной из его статей, посвященных данному вопросу, - «Аналогия между движением тяжелой жидкости в узком канале и движением газа в трубе с большой скоростью» (А.Т.Григорьян, «Механика от античности до наших дней», 1974).

**192) Аналогия Владимира Михельсона.** В.А.Михельсон (1889) построил теорию распространения детонационной волны по аналогии с теорией ударных волн Римана и других исследователей. В книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) А.Т.Григорьян и И.Б.Погребыский отмечают: «Понимание процесса возникновения детонации, определение скорости распространения детонационной волны, давления и температуры в ней связаны в значительной степени с теорией ударных волн. Первым, кто обратил внимание на аналогию между распространением детонации и ударной волны, был В.А.Михельсон (1889). Он впервые применил результаты механики газа для изучения явления детонации как процесса распространения химической реакции, использовал теорию Югоньо-Ренкина с поправкой на влияние теплоты, возникающей при сгорании газов» (Григорьян, Погребыский, 1972, с.314). «Об этом исследовании Михельсона, - говорят авторы, - в то время широко известно не было и считалось, что первым, кто указал на важность применения законов ударных волн к проблеме взрыва, был А.Шустер (1893), а первая термодинамическая постановка проблемы детонации дана П.Дюгемом (1896)» (там же, с.314). Следует отметить, что теория детонации создавалась по аналогии с теорией ударных (взрывных) волн многими учеными независимо друг от друга. Например, Д.Чепмен разработал гидродинамическую теорию детонации по аналогии с теорией ударных волн Римана и других исследователей. Я.Б.Зельдович в книге «Избранные труды» (1984) констатирует: «Чепмен развил гидродинамическую теорию детонации на тех же путях, на которых ранее Риман, Ренкин, Гюгонио построили теорию ударных (взрывных) волн в химически инертном газе. Опираясь на экспериментальный факт устойчивости и строгой стационарности процесса, Чепмен сопоставляет состояние исходной смеси и продуктов реакции» (Зельдович, 1984, с.170). «Внешняя аналогия теории детонации и теории ударной волны, - поясняет Зельдович, - наталкивала ряд авторов на мысль, что фронт детонации столь же резок, как и фронт ударной волны. В пользу «мгновенной» реакции высказывается Жуге» (там же, с.174). В другом месте той же книги мы встречаем слова Зельдовича, не оставляющие сомнения в том, что теория детонации имела большое количество авторов: «Согласно классической теории распространения детонации Чепмена, Шустера, Жуге, Крюссара, построенной по аналогии с теорией ударных волн Римана, Гюгонио, Рэля, Ранкина, в предположении отсутствия каких бы то ни было диссипативных сил (отдачи тепла или количества движения наружу, влияния вязкости и теплопроводности вдоль направления распространения), уравнения сохранения могут быть написаны следующим образом...» (там же, с.325).

**193) Аналогия Владимира Аркадьева.** В.К.Аркадьев пришел к идее о разработке электромагнитной фотографии, основанной на фиксации миллиметровых волн, по аналогии с оптической фотографией, основанной на фиксации видимого света. Н.Н.Малов в статье «Владимир Константинович Аркадьев» (УФН, 1954, март) пишет: «Верный заветам своего учителя П.Н.Лебедева, показавшего в одной из блестящих работ аналогию свойств миллиметровых и оптических волн, В.К.Аркадьев стремился перенести в область сантиметровых волн оптические методы. В тридцатых годах им был разработан электромагнитный аналог фотографии, названный «стиктографией». Суть метода заключается в исследовании структуры электромагнитного поля при помощи большого числа когереров, положенных на бумагу, смоченную электролитом; к краям бумажного листа подведено постоянное напряжение» (Н.Н.Малов, УФН, 1954).

**194) Аналогия Дмитрия Рябушинского.** Д.Рябушинский (1932) сделал заключение о возможности исследовать сверхзвуковое течение на примере течения воды в открытом водоеме с малой глубиной, исходя из обнаружения аналогии между двумя этими разными течениями. Андрей Богданов в статье «Ударная волна» (электронная энциклопедия «Кругосвет») пишет: «Сверхзвуковое течение, как оказалось, аналогично течению воды (или другой несжимаемой жидкости) в открытом водоеме, глубина которого достаточно мала («мелкая» вода) и на жидкость действует сила тяжести. Формально аналогия проявляется в

том, что уравнения, описывающие соответствующие движения и газа, и воды, оказываются одинаковыми. Используя это свойство, можно совершенно ясно наблюдать явления, происходящие в сверхзвуковом потоке. Например, в обычном быстротекущем ручейке отчетливо видны аналоги отошедших и присоединенных ударных волн, картины процесса возникновения ударной волны при обтекании криволинейной стенки, пересечения и отражения ударных волн, распространения возмущений от точечного источника – линий Маха, картины истечения сверхзвуковых струй в область покоящегося газа, X-образных скачков и т.п. Впервые обратившим внимание на такую аналогию считается Д.Рябушинский (Франция, 1932)». Глеб Михайлов в статье «Рябушинский Дмитрий Павлович» (электронная энциклопедия «Кругосвет») отмечает: «Для всего творчества Д.П.Рябушинского характерен интерес не столько к численной реализации решений тех или иных уже четко поставленных задач, сколько к изучению и уяснению природы еще не вполне понятых гидроаэродинамических эффектов. Этим объясняется постановка им остроумных экспериментов, развитие аналогий между различными физико-механическими процессами, стремление к разработке нестандартного математического аппарата» (Г.Михайлов, Интернет).

**195) Аналогия Хентао Нагаока.** Японский физик Х.Нагаока (1904) выдвинул гипотезу о том, что атом состоит из тяжелого положительно заряженного ядра, окруженного кольцами из большого числа электронов, колебания которых и являются причиной испускания атомных спектров, по аналогии с теорией устойчивости колец Сатурна, разработанной Максвеллом (1856). Как известно, в том же году Д.Д.Томсон также предложил модель атома, в котором электроны распределяются по кольцам вокруг центральной сферы. Я.Г.Дорфман во втором томе книги «Всемирная история физики» (2007) подчеркивает: «В том самом томе журнала, где была опубликована статья Дж.Дж.Томсона, появилась и другая теория атома, принадлежавшая японскому физiku Нагаоке, названная им «сатурнианской моделью». Нагаока представлял себе атом по аналогии с планетой Сатурн в виде тяжелого положительного ядра, окруженного кольцами из большого числа электронов, и применил к этой модели теорию устойчивости колец Сатурна, разработанную в 1856 г. Максвеллом. Следуя этой теории, Нагаока предполагал, что колебания частиц в плоскости колец должны сопровождаться изменением их устойчивых состояний и испусканием атомных спектров. Нагаока в конце статьи высказывает убеждение, что эта схема атома при дальнейшей ее разработке могла бы объяснить все основные свойства вещества» (Дорфман, 2007, с.226). Об этом же говорит А.В.Славин в книге «Проблема возникновения нового знания» (1976): «В 1904 г. японский физик Х.Нагаока, используя данные исследования Максвелла по устойчивости колец Сатурна, предложил для атома модель, которая интересна тем, что в ней центр представляет собой частицу, сосредоточивающую в себе основную массу атома. Более легкие электроны, вращающиеся по внешнему кольцу, притягиваются центральной частицей с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними» (Славин, 1976, с.216).

**196) Аналогия Эрнеста Резерфорда.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1908 год Эрнест Резерфорд (1891) высказал предположение об эволюции элементов и о том, что все химические элементы представляют собой сложные системы, состоящие из одних и тех же элементарных частиц, по аналогии с гипотезой У.Праута (1815). Согласно данной гипотезе, атомы всех элементов состоят из атомов водорода, то есть атомные веса всех элементов представляют собой числа, кратные атомному весу водорода.

**197) Аналогия Эрнеста Резерфорда.** Эрнест Резерфорд (1909) высказал идею о вращении электронов вокруг массивного атомного ядра по аналогии с фактом вращения планет вокруг Солнца. Принцип аналогии позволил великому английскому ученому сформулировать планетарную модель атома (К.Р.Монолов, В.М.Тютюнник, «Биография атома», 1985). Независимо от Резерфорда планетарную модель атома предложил Ж.Перрен в своей статье «Молекулярные гипотезы» (1901). В этой статье Ж.Перрен писал, что атомы вещества

походят на миниатюрные планетарные системы, в которых положительно заряженное ядро окружено отрицательными электронами, двигающимися по определенным орбитам. Психолог Д.Андерсон в книге «Когнитивная психология» (2002) пишет: «...Резерфорд использовал Солнечную систему в качестве модели строения атома, где электроны вращались вокруг атома так же, как планеты вокруг Солнца. При любой аналогии необходимо отображать элементы из источника на цель» (Андерсон, 2002, с.243). Между строением атома и Солнечной системы было достаточно черт сходства, чтобы не заметить их. В.Вайскопф в книге «Физика в двадцатом столетии» (1977) отмечает: «Эксперименты Резерфорда и его современников показали, что электронная структура атома схожа с планетарной системой. Электроны обращаются вокруг атомного ядра подобно планетам, движущимся вокруг Солнца. Силой, аналогичной тяготению, служит сила электрического притяжения между отрицательно заряженными электронами и положительно заряженным ядром. Эти силы вызывают движение одного и того же типа, поскольку имеют важную общую особенность: они меняются обратно пропорционально квадрату расстояния» (Вайскопф, 1977, с.35). Я.Г.Дорфман пишет о моделях атома, появившихся после сатурнианской модели Нагаоки: «Характерно, что все последующие модели атома так или иначе строились по некоторой аналогии с Солнечной системой. Так продолжала жить в умах интуитивная идея, высказанная впервые еще Ньютоном: «Природа весьма схожа в себе самой и очень проста, выполняя все большие движения небесных тел при помощи притяжения, тяготения... и все малые движения частиц этих тел – при помощи иных притягательных и отталкивательных сил, связывающих частицы» (Дорфман, 2007, с.227).

**198) Аналогия Роберта Вильсона.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1927 год Роберт Вильсон создал «камеру Вильсона», с помощью которой ученые впервые смогли наблюдать треки атомных частиц, по аналогии с одним из приборов, использованных Отто Герике (1602-1686) для изучения пустоты (вакуума). М.Льоцци в книге «История физики» (1970) отмечает: «Мы хотим специально напомнить об одном опыте, который тогда остался незамеченным, но был повторен и использован Вильсоном уже в нашем веке в одном из наиболее ценных приборов ядерной физики. Герике соединил перемычкой два сосуда, снабженных кранами, из которых нижний, большой сосуд был откачан, а верхний, меньший, содержал воздух. Затем он открыл краны, связав между собой эти сосуды. При этом в верхнем сосуде образовался туман. «...Маленькое небо, которое сначала было покрыто тучами, а потом медленно прояснялось» (Льоцци, 1970, с.104). Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) пишет: «Интересна история создания этого замечательного инструмента. В 1894 году Вильсон пытался воспроизвести в лабораторных условиях радугу. Он проводил эксперименты по созданию тумана путем расширения камеры с пересыщенным паром. Капли тумана образовывались при внезапном расширении камеры и конденсации пересыщенного паром воздуха в основном на частичках пыли. Когда в 1895 году были открыты рентгеновские лучи, Вильсон использовал их для ионизации влажного воздуха камеры. С этой целью он применял и альфа-лучи от распада радиоактивного полония» (Дубовой, 1985, с.45).

**199) Аналогия Петра Лебедева.** Ученый, впервые измеривший давление света, П.Н.Лебедев (1910) высказал идею о том, что Солнце обладает собственным магнитным полем, когда обратил внимание на следующую аналогию: спектральные линии солнечных пятен расщепляются на дополнительные линии точно таким же образом, как это происходит в эффекте Зеемана. Как известно, в этом эффекте расщепление спектральных линий вещества происходит под воздействием магнитного поля. Когда ученые обнаружили расщепление спектральных линий солнечных пятен, Лебедев с неизбежностью пришел к выводу, что появление дополнительных оптических линий в спектре Солнца также вызывается магнитным полем. Конечно, о наличии магнитного поля у Солнца можно было легко догадаться и по аналогии с наличием магнитного поля Земли.

**200) Аналогия Иоханнеса Штарка.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1919 год Иоханнес Штарк (1911) предсказал изменение спектральных линий вещества под действием электрического поля по аналогии с эффектом Зеемана, в котором наблюдается изменение спектральных линий вещества под действием магнитного поля. Независимо от Штарка данный эффект был предсказан В.Фогтом (1901). «...Фогт в 1901 г., - пишет М.Джеммер, - через несколько лет после открытия Зееманом расщепления спектральных линий в магнитном поле, предсказал существование подобного эффекта в электростатическом поле» (М.Джеммер, «Эволюция понятий квантовой механики», 1985).

**201) Аналогия Генри Мозли.** Генри Мозли выдвинул гипотезу о том, что возникновение рентгеновских лучей в атоме связано с переходом электронов с одной из внутренних орбит на более отдаленную орбиту в атоме, по аналогии с квантовой моделью атома Н.Бора. Согласно этой модели, атом излучает квант энергии при переходе электрона с одной атомной орбиты на другую (К.Р.Монолов, В.М.Тютюнник, «Биография атома», 1985).

**202) Аналогия Вильгельма Вина.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1911 год Вильгельм Вин выдвинул гипотезу о квантовом характере процесса выбивания электронов из вещества рентгеновским излучением по аналогии с квантовым характером процесса выбивания электронов ультрафиолетовым излучением в фотоэффекте. А.Н.Вяльцев пишет: «...Вин перенес квантовый механизм фотоэффекта на процесс возникновения вторичных катодных лучей (лучей, возникающих под действием рентгеновых лучей)» (А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981).

**203) Аналогия Джорджа Фитцджеральда, Хенрика Лоренца и Джозефа Лармора.** Д.Фитцджеральд, Х.Лоренц (1892) и Д.Лармор (1900) выдвинули гипотезу о сокращении размеров тел в направлении их движения относительно эфира, согласно которой размеры тел при движении в эфире уменьшаются в зависимости от скорости движения, руководствуясь аналогией. В частности, они рассуждали по аналогии с фактом сокращения размеров электрического и магнитного полей быстро движущихся зарядов. Факт сокращения электромагнитного поля движущегося заряда установил О.Хевисайд (1888). По Фитцджеральду, Лоренцу и Лармору, электрон при своем движении относительно эфира превращается в сплюснутый эллипсоид вращения, так что его поперечные размеры в направлении движения сокращаются. О принятии электроном формы эллипсоида вращения писал также Бухерер. Гипотеза об указанном сокращении размеров тел впоследствии вошла в состав теории относительности Эйнштейна (Б.И.Спасский, «История физики», 1977).

**204) Аналогия Джозефа Лармора.** Дж. Лармор предсказал прецессию электронов во внешнем магнитном поле по аналогии с опытами Гольдштейна (1880), в которых пучок катодных лучей отклонялся путем поднесения к нему магнита (В.Карцев, «Магнит за три тысячелетия», 1988).

**205) Аналогия Эрнста Цермело.** Эрнст Цермело (1896) сформулировал гипотезу о том, что любая система свободно движущихся молекул и атомов, в каком бы состоянии энтропии (беспорядка) она ни находилась, обязательно вернется в исходное состояние порядка (низкой энтропии), воспользовавшись аналогией. Цермело опирался на аналогию с теоремой А.Пуанкаре (1890), согласно которой система из небесных объектов, обладающих массами и движущихся по законам механики, через некоторое время обязательно должна вернуться в состояние, весьма близкое к первоначальному. Другими словами, Э.Цермело перенес теорему о возвращении А.Пуанкаре из астрономии в область молекулярно-кинетической теории. А.Тяпкин и А.Шибанов в книге «Пуанкаре» (Москва, «Молодая гвардия», 1982) пишут: «Исследуя задачу трех тел, Пуанкаре пришел к весьма важному утверждению о том, что

система из материальных точек, обладающих массами и движущихся по законам механики, через некоторое время обязательно должна вернуться в состояние, весьма близкое к первоначальному. Сам Пуанкаре использовал эту «теорему возвращения» при изучении стабильности Солнечной системы. Но теорема оказалась на редкость универсальной. Она положила начало нынешнему учению о взаимно однозначных и взаимно непрерывных преобразованиях множеств, инвариантных относительно меры. Эта же теорема лежит у истоков современных подходов к эргодической теории. Первый выход ее за пределы небесной механики состоялся еще в 1896 году. Эрнст Цермело, молодой ассистент видного немецкого ученого Макса Планка, применил «теорему возвращения» к совокупности свободно движущихся молекул или атомов» (А.Тяпкин, А.Шибанов, 1982). Независимо от Цермело такую же идею высказывал Д.В.Гиббс.



«С юности меня вдохновило на занятие наукой осознание того, отнюдь не самоочевидного факта, что законы нашего мышления совпадают с закономерностями, имеющими место в процессе получения впечатлений от внешнего мира, и что, следовательно, человек может судить об этих закономерностях при помощи чистого мышления».

Макс Планк о себе

**206) Аналогия Макса Планка.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1918 год Макс Планк (1900) выдвинул свою квантовую гипотезу, согласно которой энергия излучения абсолютно черного тела состоит из отдельных неделимых далее порций (квантов) по аналогии с идеей Л.Больцмана (1872) о том, что в идеальном газе энергия каждой молекулы может принимать только определенные дискретные значения. Занимаясь вычислением энтропии идеального газа на основе математических методов комбинаторики и теории вероятностей, Больцман использовал вспомогательное предположение о дискретности энергии молекул. Когда Планк занимался вычислением энергии излучения абсолютно черного тела, он столкнулся с большими трудностями и вынужден был воспользоваться той же идеей о дискретности энергии излучения. В период исследований Планка крупнейшие ученые мира, пытаясь решить проблему излучения, пришли к выводу, что нагретое тело независимо от температуры должно излучать бесконечно большую энергию в ультрафиолетовой части спектра, но это противоречило опыту. Этот парадоксальный вывод получил в физике название ультрафиолетовой катастрофы. Для выхода из этой тупиковой ситуации Планк обратил внимание на те физические представления об обмене энергией между молекулами, которые исповедовал Больцман и которые не замечали все остальные ученые. Суть этих представлений заключалась в том, что Больцман использовал представление о наличии отдельных порций энергии. В одном из писем Больцман заявил Планку, что он никогда не сможет построить вполне правильную теорию статистической термодинамики излучения без введения в процессы излучения ранее неизвестного элемента дискретности. Именно после этого, поняв продуктивность подхода Больцмана, Планк по аналогии решил, что и энергию излучения абсолютно черного тела надо разбить на отдельные порции. М.Я.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «К 1900 г. Планк понял, что, оставаясь только на позициях феноменологизма (что характерно, как мы видели в его работах, для этого периода), выйти из тупика не удастся. Необходим радикальный шаг – перенос идей Больцмана из области молекулярно-кинетической теории на область излучения. Признав эту необходимость, Планк делал крутой поворот в своем мировоззрении, ибо это означало переход на позиции атомистики со всеми вытекающими отсюда последствиями» (Гельфер, 1981, с.472). Об этом же пишет физик Луи де Бройль в статье «Таинственная постоянная  $h$  – великое открытие Макса Планка» (сборник «Вернер Гейзенберг. У истоков квантовой теории», 2004): «Будучи большим

поклонником прославленного Больцмана, Планк сообщил о своей работе основателю статистической механики, представляя последнюю на его суд. Больцман ответил ему, что он никогда не сможет построить правильную теорию статистической термодинамики излучения без введения в процессы излучения ранее неизвестного элемента дискретности». Со слов де Бройля, «замечание Больцмана помогло ему найти правильный путь к своему великому открытию» (де Бройль, 2004, с.338-339).

**207) Аналогия Макса Планка.** М.Планк ввел в теорию относительности Эйнштейна принцип наименьшего действия, воспользовавшись аналогией и осуществив перенос данного принципа из классической механики и электродинамики, где он играет продуктивную роль, в релятивистскую область, где он также оказался полезен (Е.М.Кляус, У.И.Франкфурт, «Макс Планк», 1980). С.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) цитирует создателя квантовой гипотезы: «Все обратимые процессы, будь они по природе механического, электродинамического или термического характера, все они подчинены одному и тому же принципу, дающему однозначный ответ на все вопросы, касающиеся хода процесса. Этот закон не есть принцип сохранения энергии, который хотя и приложим ко всем явлениям, но определяет их ход неоднозначно; этот принцип более общий – принцип наименьшего действия» (цит. по: Гиндикин, 2006, с.286).

**208) Аналогия Пауля Эренфеста и Питера Дебая.** П.Эренфест (1906, 1912) и П.Дебай (1910) пришли к идее о необходимости квантования стоящих и бегущих волн электромагнитного поля по аналогии с квантованием колебаний осциллятора, которое осуществил М.Планк. Другими словами, П.Эренфест и П.Дебай перенесли мысль о существовании дискретных уровней энергии из области колебаний осциллятора Планка в область колебаний электромагнитного поля. А.Б.Мигдал в статье «Нильс Бор и квантовая физика» (журнал «Успехи физических наук», 1985, том 147, выпуск 2) указывает: «Ведь если к излучению применима статистическая физика (Рэлей, 1900), то естественно перенести также и мысль о квантовании материального осциллятора на «осцилляторы», соответствующие стоячим или бегущим волнам электромагнитного поля в ящике. Это обобщение было сделано Эренфестом (1906) и Дебаем (1910). Они получили формулу Планка, распространив идею о дискретности возможных значений энергии на электромагнитные степени свободы» (Мигдал, 1985, с.317). Ю.П.Степановский в статье «Дробный квантовый эффект Холла» (журнал «Электромагнитные явления», 1998, том 1, № 3) указывает: «Планк в 1911 г. умел квантовать только гармонический осциллятор, и его ответ касался гармонического осциллятора, однако в конце 1912 г. П.Эренфест обобщил правило квантования Планка на любые периодические одномерные движения...» (Степановский, 1998, с.434). Далее Ю.П.Степановский отмечает, что правило квантования Эренфеста, которому объективно принадлежит приоритет в формулировке этого правила, ошибочно стало называться правилом квантования Бора-Зоммерфельда: «Правило квантования Эренфеста (35) обычно называется правилом квантования Бора-Зоммерфельда (с  $n+1/2$  вместо  $n$ ), а раньше называлось так же правилом Дебая, Эйнштейна и др., подтверждая принцип Арнольда: «Если какое-либо понятие имеет персональное имя, то это не имя первооткрывателя» [38]» (там же, с.434).

**209) Аналогия Вальтера Ритца.** В.Ритц (1908) разработал магнитную модель атома, в которой объяснил возникновение спектральных линий действием магнитных сил, когда обратил внимание на сходство (аналогию) естественных спектральных дублетов и триплетов и свойств вещества в эффекте Зеемана. Отметим, что эффект Зеемана – это расщепление спектральных линий вещества в магнитном поле. Правда, В.Ритц не сразу пришел к этой модели атома. Первоначально он не верил в ее справедливость. М.А.Ельяшевич, Н.Г.Кембровская и Л.М.Томильчик в статье «Вальтер Ритц как физик-теоретик и его исследования по теории атомных спектров» (УФН, 1995, апрель) пишут: «Следует

специально отметить, что к идее трактовать возникновение спектральных линий как результат зеемановского расщепления специального вида Ритц пришел не сразу. Так, в его диссертации имеется упоминание о работе Лармора, в которой указывается на сходство естественных спектральных дублетов и триплетов с картиной, наблюдаемой в эффекте Зеемана. Однако, судя по критическому комментарию Ритца в этом пункте, он в то время (1902-1903 гг.) не принимал подобную идею всерьез. Возможно, что такая позиция была обусловлена также и некоторым предубеждением, с которым Ритц, по свидетельству Формана, тогда относился к электронной теории Лоренца» (Ельяшевич и другие, УФН, 1995, с.472). Однако впоследствии В.Ритц изменил свою точку зрения и стал развивать представления, к которым когда-то относился скептически.



«Охарактеризовать облик Ланжевена, я думаю, можно одним словом: он был человеком, во всем служившим прогрессу, он был прогрессивным в науке, прогрессивным в своих политических взглядах, прогрессивным в своих философских взглядах и прогрессивным в своей общественной деятельности».

П.Л.Капица о Поле Ланжевене

**210) Аналогия Поля Ланжевена.** П.Ланжевен (1905) высказал мысль, что причиной диамагнетизма ряда металлов, т.е. причиной невосприимчивости ряда металлов к внешнему магнитному полю является то, что в этих металлах молекулы с их электрическими токами не стремятся ориентироваться предпочтительно в каком-либо одном направлении, руководствуясь аналогией. В частности, П.Ланжевен действовал по аналогии с идеей Ф.М.Ампера о том, что причиной диэлектрических свойств некоторых металлов, то есть причиной неспособности этих металлов проводить электрический ток является то, что их молекулы также не способны ориентироваться в каком-либо одном направлении. Здесь видно, что Ланжевен объяснил невосприимчивость ряда веществ (диамагнетиков) к внешнему магнитному полю по аналогии с объяснением неспособности ряда веществ (диэлектриков) проводить электрический ток. Интересно отметить, что еще в 1851 году известный немецкий физик В.Вебер, желая дать представление о диамагнетизме, выдвинул предположение о существовании в молекулах замкнутых электрических токов нулевого сопротивления, в которых внешнее поле вызывает соответствующие индукционные токи, направление которых соответствует диамагнетизму (О.А.Старосельская-Никитина, «Поль Ланжевен», 1962).

**211) Аналогия Поля Ланжевена.** Поль Ланжевен (1905) построил одну из первых теорий парамагнетизма по аналогии с молекулярно-кинетической теорией Д.Максвелла и Л.Больцмана. В частности, для объяснения явлений парамагнетизма он распространил на ориентацию элементарных магнитов закон распределения молекул в поле тяготения. Л.С.Полак в книге «Людвиг Больцман» (1987) отмечает: «Для объяснения явлений парамагнетизма и особенно закона Кюри (магнитная восприимчивость диэлектрика обратно пропорциональна абсолютной температуре) Ланжевен распространил в 1905 г. на ориентацию элементарных магнитов закон распределения молекул в поле тяготения. Идея состояла в том, что налагаемое поле стремится ориентировать элементарные магниты в направлении поля, а тепловое движение стремится создать наибольший беспорядок в их ориентации» (Полак, 1987, с.49). Об этом же пишет историк науки Т.Гнедина в книге «Поль Ланжевен» (1991): «Именно теоретический аппарат Больцмана был использован Ланжевенем в теории магнетизма и газового разряда. Именно незаконченную задачу Больцмана о динамическом взаимодействии между частицами Ланжевен решил, восстановив этим против себя его противников» (Гнедина, 1991, с.43). «Парамагнитное вещество, - аргументирует Гнедина, -

Ланжевен рассматривал как «газ магнитных стрелок». Он распространил на процессы ориентации элементарных магнитов в молекулах важнейший закон статистической теории, полученный Больцманом, но примененный им только к распределению молекул газа в поле тяготения. Ланжевен дал обобщение распределения Больцмана, позволяющее использовать его для многих частных случаев. Ланжевен сравнивает «газ магнитных стрелок» с реальным газом, находящимся в закрытом сосуде...» (там же, с.135). Со слов другого историка науки О.А.Старосельской-Никитиной, Ланжевен применил к исследованию магнетизма кинетическую теорию газов по аналогии с тем, как Д.Д.Томсон применил ту же самую теорию к исследованию подвижностей и рекомбинации ионов в газах. О.А.Старосельская-Никитина в книге «Поль Ланжевен» (1962) пишет: «Когда Ланжевен утверждал, что «благодаря толчку, данному Больцманом, а также в результате усилий его последователей, статистические расчеты проникли во все области физики», он говорил, в том числе, и о себе, поскольку он лично внес большой вклад в разработку парамагнетизма статистическим методом...» (Старосельская-Никитина, 1962). Реконструкция Л.С.Полака, Т.Гнединой и О.А.Старосельской-Никитиной согласуется с описанием Я.М.Гельфера, который в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «Замечательному французскому физическому П.Ланжевену принадлежит первая попытка применения классической статистики Максвелла-Больцмана к проблемам магнетизма. В 1905 г. он опубликовал свою известную теорию парамагнетизма, которую затем через несколько лет (в 1911 г.) доложил Сольевевскому конгрессу в докладе «Кинетическая теория магнетизма и магнетоны» (Гельфер, 1981, с.438).

**212) Аналогия Поля Ланжевена.** Идея П.Ланжевена (1905) о возникновении магнетизма веществ в результате периодического устойчивого движения электронов в атоме по замкнутым орбитам возникла у него по аналогии с идеей Ампера (1820) о возникновении магнитного притяжения или отталкивания вследствие молекулярных электрических токов (токов, протекающих в молекуле). В свою очередь, Мари Ампер пришел к выводу о существовании молекулярных токов, обуславливающих магнетизм, по аналогии с возникновением магнетизма в металлических проводниках, по которым бежит электрический ток.

**213) Аналогия Поля Ланжевена.** Поль Ланжевен (1905) сформулировал в своей теории газового разряда закон скорости взаимодействия электрических зарядов (ионов и электронов) по аналогии с законом М.Гульдберга и П.Ваге (1867) о скорости взаимодействия химических веществ. В книге Т.Е.Гнединой «Поль Ланжевен» (1991) воспроизводится ход рассуждений Ланжевена: «Естественно допустить вместе с Дж.Дж.Томсоном, - пишет Ланжевен, - что акт рекомбинации ионов происходит в соответствии с законом, аналогичным взаимодействию масс Гульдберга и Ваге: количество электричества, рекомбинированное в единицу объема и в единицу времени, пропорционально произведению плотностей противоположно заряженных ионов...» (Гнедина, 1991, с.73). В общем случае можно сказать, что Ланжевен построил теорию газового разряда по той же аналогии с молекулярно-кинетической теорией Максвелла-Больцмана, какой он воспользовался при разработке теории парамагнетизма. Помимо принципа статистического описания процессов и явлений, Ланжевен перенес в теорию газового разряда принцип индивидуальной различимости микрочастиц, заимствованный из статистической теории газов Больцмана. Т.Е.Гнедина отмечает: «Трагическая фигура Людвига Больцмана воплощает в себе и атомистическую гипотезу кинетической теории газов, созданную этим замечательным ученым, и одновременно применение в этой теории законов классической механики, реализованных Больцманом на уровне взаимодействий между молекулами. Законы механики применяли к столкновениям частиц, исходя из предпосылки о том, что каждая частица индивидуальна, т.е. может быть различима, и путь ее удастся проследить после взаимодействия с другими частицами. Этот принцип индивидуальности, различимости микрочастиц лежал в основе статистического

рассмотрения молекулярной теории газов и был впоследствии перенесен Ланжевенем в физику электрического разряда» (Гнедина, 1991, с.46). «О самом Ланжевене, - подчеркивает Т.Е.Гнедина, - можно было бы сказать, что он – «Больцман в электронной физике». Статистический подход, внесенный Ланжевенем и в физику газового разряда, и в парамагнитные явления, и в стохастические уравнения, вошедшие сегодня в кинетику плазмы, создали области электронной физики, до этого не существовавшие» (там же, с.64).

**214) Аналогия Поля Ланжевена.** Математическое уравнение, описывающее флуктуации движения молекул, было получено Ланжевенем (1908) по аналогии с математическим уравнением Эйнштейна, описывающим броуновское движение. Т.Е.Гнедина в книге «Поль Ланжевен» (1991) указывает: «Ланжевен придерживался статистического подхода и в физике газового разряда, и в теории магнетизма, и в исследовании броуновского движения. Уравнение Ланжевена, которое стало впоследствии типологическим в совершенно другой области – в кинетике плазмы, было выведено из другой формулы – уравнения Эйнштейна, также описывающего броуновское движение. История разветвленных применений уравнения Ланжевена для броуновского движения в дальних областях знаний – в астрофизике и физике ионных процессов – доказывает инвариантность структуры закона, наполняемой различным физическим содержанием» (Гнедина, 1991, с.92). Впоследствии Л.Д.Ландау перенесет это уравнение в теорию кинетики плазмы, а индийский ученый С.Чандрасекар – в астрофизику.

**215) Аналогия Поля Ланжевена.** Ланжевен предсказал двойное магнитное лучепреломление для парамагнитных веществ по аналогии с эффектом магнитного лучепреломления для диамагнитных веществ, который был обнаружен Э.Коттоном и Мутоном. Этот эффект заключается в том, что магнитное поле способно сообщать свойство двойного лучепреломления диамагнитным чистым жидкостям (сероуглероду, бензолу, нитробензолу). В свою очередь, этот эффект аналогичен эффекту Керра, в котором лучепреломление вызывается электрическим током (Т.Е.Гнедина, «Поль Ланжевен», 1991).

**216) Аналогия Питера Дебая.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1936 год Питер Дебай (1912) разработал математический аппарат теории диэлектриков (веществ, не проводящих электрический ток) по аналогии с математическим аппаратом теории парамагнетизма П.Ланжевена. Об этой аналогии в свое время говорил выдающийся физик Зоммерфельд. Т.Е.Гнедина в книге «Поль Ланжевен» (1991) пишет о Зоммерфельде: «Здесь же он указал на то, какое решающее влияние оказал Ланжевен на создание Дебаем теории диэлектриков. Однако он не сумел раскрыть переход от классической теории Ланжевена к квантовым представлениям. Это сделал Зоммерфельд, преобразовавший классическую функцию Ланжевена  $L(x)$  в квантованную форму» (Гнедина, 1991, с.144). Другими словами, П.Дебай построил теорию поляризации молекул с постоянным дипольным моментом по аналогии с теорией парамагнетизма Ланжевена. Дебай сам отмечал, что развитая им статистическая теория поляризации аналогична теории Ланжевена. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) пишет о теории Дебая: «Теория, аналогичная теории Ланжевена, была разработана в 1912 г. Дебаем применительно к поляризации молекул с постоянным дипольным моментом  $m$ . Проведя вычисления, подобные изложенным выше, Дебай получил формулу для среднего значения дипольного момента...» (Гельфер, 1981, с.441). «В своей итоговой монографии «Полярные молекулы» (1929), - поясняет Я.М.Гельфер, - Дебай сам отмечал, что развитая им статистическая теория поляризации аналогична теории Ланжевена: «Мы вычислили среднее значение электрического момента совершенно так же, как это сделал Ланжевен, который первый нашел среднее значение магнитного момента для газовых молекул, обладающих постоянным магнитным моментом» (Гельфер, 1981, с.441).

**217) Аналогия Питера Дебая.** П.Дебай (1912) ввел в теорию диэлектриков понятие ориентационной поляризации молекул по аналогии с эквивалентным понятием, имеющимся в теории парамагнетизма. В.С.Рязанов в статье «Петрус Йозефус Вильгельмус Дебай» (сайт «Электронная библиотека учебных материалов по химии») пишет: «В 1912 г. Дебай начал работать над дипольной теорией диэлектриков. Кроме деформационной поляризации молекул, им было введено понятие (по аналогии с парамагнетиками) ориентационной поляризации. Это позволило объяснить наблюдаемые явления с ненормально высокой электрочувствительностью некоторых молекул под действием электрического поля наличием постоянного электрического момента» (В.С.Рязанов, Интернет).

**218) Аналогия Питера Дебая.** П.Дебай нашел спектр частот тела, находящегося при низких температурах, когда длина тепловых волн значительно больше межатомных расстояний и возникает возможность пренебречь атомной структурой кристалла, по аналогии с математическими методами теории упругости. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «Существенное продвижение вперед связано в первую очередь с работами П.Дебая, который предложил приближенный метод расчета собственных частот колебаний в твердых телах. Дебай предположил: поскольку при высоких температурах энергия тела зависит только от числа степеней свободы, можно предположить, что при низких температурах основную роль будут играть низкие частоты. Из этого следует, что длина упругих волн, соответствующих этим частотам, будет значительно больше межатомных расстояний и, следовательно, можно пренебречь атомной структурой кристалла, т.е. рассматривать его как сплошную среду – континуум. Это обстоятельство значительно упрощало задачу нахождения спектра частот, которая в данном случае решалась методами теории упругости. В таком плане и развил Дебай свою теорию теплоемкости в большом исследовании «Теория удельной теплоемкости», опубликованном в 1912 г.» (Гельфер, 1981, с.489).

**219) Аналогия Питера Дебая.** П.Дебай (1912) высказал идею о том, что частота тепловых колебаний атомов в кристалле является дискретной и кратной некоторой минимальной частоте, по аналогии с дискретностью частоты световых колебаний, излучаемых электроном в атоме. Другими словами, Дебай традуктивно применил к электронной теории металлов квантовую гипотезу Планка.

**220) Аналогия Вольфганга Геде.** Физик Вольфганг Геде (1913) пришел к идее создания диффузионного насоса – высоковакуумного насоса, основанного на диффузии газа в струю пара, по аналогии с экспериментами П.Н.Лебедева (1901), в которых русский ученый доказал давление света. Самым главным фактором успеха П.Н.Лебедева явилось то, что он сумел создать высокий вакуум в замкнутом сосуде. При этом высокий вакуум создавался за счет удаления из сосуда остаточных газов с помощью ртутного пара. Результаты своих исследований отечественный ученый опубликовал в журнале «Annalen der Physik». В.Геде по аналогии заимствовал из экспериментов П.Н.Лебедева принцип удаления остаточных газов с помощью ртутного пара (облаков пара). В.П.Борисов в книге «Вакуум: от натурфилософии до диффузионного насоса» (2001) пишет: «Возможность удаления остаточных газов с помощью ртутного пара, использованная в опытах Лебедева, привлекла внимание многих ученых. В издании популярного учебника физики Мюллера-Пуйе, вышедшем в 1906 году, об этой возможности говорилось следующее: «Если реципиент, содержащий только газ, без ртути или других паров жидкости, сообщается с насосом, давление газа в реципиенте не может быть уменьшено ниже примерно 0,0013 мм рт.ст. Иначе обстоит дело, если благодаря диффузии или другому процессу, газ, находящийся в реципиенте, насыщен парами ртути. Хоть и не общее, но зато парциальное давление газа может быть снижено до такой же величины, как в торричеллиевой пустоте». Идея удаления газа ртутным паром, предложенная Лебедевым и нашедшая отражение в учебнике Мюллера-Пуйе, не могла пройти мимо внимания В.Геде,

занимавшегося исследованиями в области вакуумной техники. Журнал «Annalen der Physik» являлся изданием, которое Геде не только читал, но в котором предпочитал публиковать свои статьи. Известный австралийский специалист в области физики и техники вакуума Н.Флореску высказал в 1960-х годах мнение, что именно работа П.Н.Лебедева натолкнула Геде на идею диффузионной откачки» (В.П.Борисов, 2001).

**221) Аналогия Пьера Вейсса.** П.Вейсс (1907) построил свою доменную теорию ферромагнетизма, когда по аналогии перенес в теорию ферромагнетиков представление о кооперированном взаимодействии ансамблей молекул (атомов), содержащееся в статистической теории парамагнетизма Ланжевена (1905). Т.Е.Гнедина в книге «Поль Ланжевен» (1991) пишет: «В 1907 г. Пьер Вейсс, работавший и во Франции, и в Швейцарии, сделал первый набросок своей доменной теории ферромагнетизма, учитывающей существование «молекулярного поля». Идея Вейсса, по свидетельству его самого, а также Джона Бернала, родилась под влиянием нового в науке направления, намеченного Ланжевром, как статистический прием, а по существу, ставшего одной из предтеч системологии. Речь идет о «кооперативном взаимодействии ансамблей»...(Гнедина, 1991, с.139). Историю теории Вейсса описывает также М.Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963): «В 1905 году Ланжевен дал статистическую теорию парамагнетизма, статистическая трактовка в 1907 году была распространена Вейсом на ферромагнетизм. Это было первым примером того типа статистической проблемы, имеющего дело с так называемыми явлениями порядка-беспорядка, к которым принадлежат, например, свойства сплавов» (Борн, 1963, с.215). Об этом же пишет Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981). Мы процитируем Я.М.Гельфера, не выписывая математическую формулу, к которой пришел А.Вейсс, чтобы не перегружать внимание читателя: «П.Вейсс распространил в 1907 г. классическую статистику Больцмана на ферромагнетизм, создав гипотезу внутреннего магнитного поля, и показал, что в этом случае закон Кюри будет иметь вид...» (Гельфер, 1981, с.440). Кроме того, П.Вейсс использовал в своей теории аналогию, которую в 1895 году обнаружил Пьер Кюри. Кюри заметил, что при определенной высокой температуре свойственный ферромагнитным телам огромный магнитный момент не возникает, какова бы ни была напряженность магнитного поля, подобно тому, как выше критической температуры ни при каком давлении газ не может быть сжижен.

**222) Аналогия Пьера Вейсса.** Одним из условий успешного построения П.Вейссом теории ферромагнетизма послужило то, что он перенес в нее теорию молекулярного поля Ван-дер-Ваальса. Г.Уленбек в статье «Фундаментальные проблемы статистической механики» (УФН, февраль 1971 г.), обсуждая различные вопросы статистической механики, отмечает: «Позвольте добавить к этому, что изложенная теория Ван-дер-Ваальса была обобщена на случай ферромагнетизма и состояний порядка-беспорядка в твердых телах в знаменитых теориях Вейсса и Брэгга-Вильямса, которые являются, если можно так выразиться, приложением идеи Ван-дер-Ваальса к соответствующим случаям. Условия справедливости теорий Вейсса и Брэгга-Вильямса: они применимы реально в том случае, если силы притяжения являются слабыми и дальнедействующими. Так называемая теория внутреннего поля действительна только в этом пределе. Известно, что теория Вейсса предсказала также существование точки Кюри, т.е. критической температуры перехода порядок-беспорядок; известно также, хотя об этом обычно не говорится в учебниках, что эти теории в действительности почти полностью идентичны с теорией Ван-дер-Ваальса и результаты тех и другой, по существу, находятся в прямом соответствии» (Уленбек, УФН, 1971, с.293).



«Для Алексея Николаевича чрезвычайно характерно умение с исключительным мастерством, определенно, конкретно ставить проблему, четко оговаривать все сделанные предположения, умение выделять главное, желание и изумительное умение давать такие же четкие, конкретные ответы, доводя всегда каждую поставленную задачу до конца, давая полный числовой расчет. И во всей постановке, и в решении сложнейших проблем ему присуща простота...».

Л.И.Мандельштам об А.Н.Крылове

**223) Аналогия Алексея Крылова.** А.Н.Крылов (1895) разработал математическую теорию килевой качки корабля на волнении по аналогии с математической теорией колебания траектории движения планет, испытывающих гравитационное воздействие других небесных тел. Эту теорию разработали Лагранж и Лаплас. А.Т.Григорьян в книге «Механика от античности до наших дней» (1974) подчеркивает: «Крылов вначале рассмотрел случай чисто килевой качки корабля, идущего под прямым углом к гребням волн, и вывел уравнения движения корабля. Он предполагал, что на корпус корабля действует гидростатическое давление и профиль волны синусоидальный. При решении этой сложнейшей задачи динамики Крылов использовал достижения своих предшественников в области механики и математики – работы Эйлера о движении твердого тела, Лагранжа – по составлению уравнений движения любой системы в любых координатах, Лапласа – о движении небесных тел, Остроградского – по интегрированию уравнений динамики и прочее» (Григорьян, 1974, с.354). «Крылов, - поясняет Григорьян, - вывел дифференциальные уравнения для определения колебания корабля на волнении и, пользуясь методами небесной механики, дал решение этих уравнений» (там же, с.354). Об этом же говорится в 1-ом томе книги «Люди русской науки» (редактор и составитель – И.В.Кузнецов, 1948): «Размышляя над этой задачей, А.Н.Крылов обнаружил, что математические трудности вопроса о килевой качке аналогичны тем, которые в свое время преодолели Лагранж и Лаплас в небесной механике при изучении движения планет. Воспользовавшись этим, А.Н.Крылов разработал теорию килевой качки. Он смог прочесть ее слушателям Морской академии в 1895 г.» («Люди русской науки», 1948). Сам А.Н.Крылов в статье «Мой путь в науке», содержащейся в книге «Академик А.Н.Крылов. Воспоминания и очерки» (1956), пишет: «...В 1861 г. В.Фруд указал на неправильность теории Бернулли и положил в основу своей теории качки гидродинамическую теорию трохoidalных волн. Теория Фруда была затем развита Ранкином, Бертенем и другими. Изложение этих исследований и составляло то, что обычно излагалось в курсах «Теории корабля». Прием слушателей в академии производился только по четным годам, поэтому второй раз мне пришлось читать «Качку» осенью 1895 г., и я тогда в дополнение к курсу 1893 г. разработал теорию килевой качки на волнении, применив к исследованию этого вопроса, тогда еще никем не затронутого, методы, подобные тем, которые применяли Лагранж и Лаплас в «Небесной механике» при изучении движения планет» (А.Н.Крылов, 1956). Таким образом, известный русский ученый А.Н.Крылов построил математическую теорию поведения корабля при любом волнении моря по аналогии с математической теорией колебания элементов планетных орбит, созданной Лагранжем и Лапласом.

**224) Аналогия Алексея Крылова.** А.Н.Крылов разработал теорию вибрации корабля, описывающую сотрясения корабля, вызванные работой машины, которая приводит его в движение, воспользовавшись аналогией с математической теорией акустического резонанса. Крылов уподобил корабль гигантскому камертону, а ряд явлений в поведении корабля, ставивших в тупик его современников, объяснил посредством явления резонанса. Подобно камертону, размышлял Крылов, корабль имеет определенный период собственных колебаний

– как бы свой основной тон. Если период толчков судового механизма (например, период толчков поршня) близок к периоду собственных колебаний корабля, то наступает явление резонанса и вибрация усиливается. А.Н.Крылов в книге «Мои воспоминания» (1963) пишет: «Наконец, надо привести еще один вопрос, который возник в связи с увеличением длины судов и мощности устанавливаемых на них механизмов, в особенности поршневых, - это вопрос о вибрации или сотрясениях корабля, вызываемых работой машины. Здесь теория корабля, можно сказать, еще теснее сплетается со строительной механикой корабля, с математической физикой и теорией звука. Корабль можно уподобить громадному упругому стержню или гигантской ножке камертона. Известно, что для поддержания колебаний камертона надо их возбуждать такою силою, которая сама постоянно меняет свою величину и направление столько же раз, сколько колебаний в секунду делает камертон, когда он колеблется свободно, без возбудителя. Это есть так называемое «явление резонанса». Совершенно подобно и корабль имеет определенные периоды свободных собственных упругих колебаний – это его тоны и обертоны. (...) Всякий раз, когда период этой изменчивости, или частота ее, будет близка к одному из периодов или частот свободных колебаний корабля, - имеет место резонанс и возникает вибрация корабля. Зная причину этого явления, можно его предвычислить или устранить, или низвести в допустимых пределах» (Крылов, 1963, с.343).

**225) Аналогия Алексея Крылова.** А.Н.Крылов разработал математическую модель колебаний вращающегося снаряда во время полета по аналогии со своей теорией колебаний корабля на море. Он увидел сходство между движением оси вращающегося снаряда и движением мачты при качке корабля. Л.И.Мандельштам в статье «О научных работах А.Н.Крылова», которая содержится в книге «Академик Л.И.Мандельштам. К 100-летию со дня рождения» (1979), не оставляет сомнений в том, что А.Н.Крылов был мастером использования аналогий при решении различных задач. В этой статье Л.И.Мандельштам пишет: «Сердце физика радуется, когда он обнаруживает аналогию между уменьшением качки на корабле при помощи цистерны Фрама, с одной стороны, и уменьшением помех в радиоприемнике при помощи электрофильтров – с другой, когда он, изучая труды Алексея Николаевича, обнаруживает аналогию между тем, что корабль зарывается носом в волну при одном курсе и идет спокойно при другом, и различным смещением линий спектра звезд в зависимости от различия в их радиальных скоростях или различным поведением коэффициента преломления света в различных частях спектра. Алексей Николаевич включает в круг своих исследований колебательные – в широком смысле слова – процессы и их применения в различных областях. Насколько разнообразны эти области, можно судить по следующим примерам: обширное исследование посвящает Алексей Николаевич вопросу большой важности – о вращении снаряда во время полета и его колебаниях. Указав на аналогию между движением оси снаряда и движением мачты при качке корабля, Алексей Николаевич пользуется и здесь при выборе эйлеровых углов тем же принципом, который позволил ему решить вопрос о качке корабля в общем виде» (Л.И.Мандельштам, 1979).

**226) Аналогия Алексея Крылова.** А.Н.Крылов (1916) разработал в теории баллистики математический аппарат определения траектории снарядов по аналогии с математическим аппаратом, разработанным Карлом Штомером и предназначенным для описания движения наэлектризованной частицы в электромагнитном поле. В 1-ом томе книги «Люди русской науки» (редактор и составитель – И.В.Кузнецов, 1948) указывается: «Еще в бытность свою директором Главной физической обсерватории (1916 г.) А.Н.Крылов заинтересовался методами, посредством которых известный норвежский исследователь полярных сияний Карл Штомер интегрировал дифференциальные уравнения, определяющие движение наэлектризованной частицы в электромагнитном поле. Сопоставляя этот метод с другим, предложенным значительно ранее английским астрономом Адамсом, А.Н.Крылов убедился в их сходстве и усмотрел, что оба эти метода могут быть разработаны и приспособлены к

решению задач внешней баллистики – для определения траектории снарядов, а также и для других задач техники» («Люди русской науки», 1948).

**227) Аналогия Людвиг Прандтля.** Немецкий физик Л.Прандтль (1903) получил ряд важных результатов в задачах теории упругости и гидродинамики, когда выявил аналогию между уравнениями для функции напряжений в задаче о кручении стержня произвольного поперечного сечения и уравнениями, описывающими прогиб нерастяжимой мембраны, натянутой на упругий контур. Аналогия Прандтля позволяет заменить отнюдь не простые эксперименты по определению компонент тензора напряжений в скручиваемом стержне простыми измерениями прогибов мембраны. Ф.Циглер в книге «Механика твердых тел и жидкостей» (2002) отмечает: «Для поперечных сечений сложной геометрической формы определение жесткости при кручении и распределения касательных напряжений при кручении становится очень трудной задачей. Чтобы обойти громоздкие вычисления, Л.Прандтль разработал удобный экспериментальный метод, основанный на идентичности дифференциального уравнения Пуассона для функции напряжений при кручении  $\psi$  и для прогиба  $u(y, z)$  мембраны, нормально нагруженной равномерным давлением  $p = \text{const}$ » (Циглер, 2002, С.332). Об этой же аналогии Прандтля пишет С.П.Тимошенко в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957): «По окончании своей докторской диссертации Прандтль работал некоторое время в промышленности. Скоро, однако, он вернулся к академической работе и уже в 1900 г. принял предложение занять кафедру инженерной механики в Ганноверском политехническом институте. К этому времени относится опубликование им важной работы о мембранной аналогии в задаче кручения. Здесь он показывает, что все данные о распределении напряжений при кручении стержня могут быть получены экспериментально, путем использования аналогии с формой провисания мыльной пленки. Дальнейшая работа по этому вопросу была проведена впоследствии его учеником Антесом. Практическая важность принципа аналогий была понята Гриффитсом и Тэйлором, применившими метод мыльной пленки для определения жесткости при кручении брусьев разнообразных сложных профилей» (Тимошенко, 1957, с.471).

**228) Аналогия Людвиг Прандтля и Джеффри Тэйлора.** Л.Прандтль (1925) и Д.Тэйлор (1915, 1932) разработали математическое описание турбулентных потоков жидкости по аналогии с описанием соответствующих молекулярных потоков, а понятие пути перемешивания было введено ими в теорию турбулентности по аналогии с понятием длины свободного пробега молекул, имеющимся в кинетической теории газов. А.С.Монин в статье «Геофизическая турбулентность» (журнал «Успехи математических наук», 1983, том 38, выпуск 4 (232)) пишет: «В так называемых полуэмпирических теориях указанные турбулентные потоки описываются по аналогии с соответствующими молекулярными потоками, как линейные функции от градиентов осредненных гидродинамических полей; коэффициенты этих линейных функций имеют смысл коэффициентов турбулентной вязкости, теплопроводности и диффузии. Для их определения в теориях Дж.Тэйлора (1915, 1932) и Л.Прандтля (1925) вводится понятие «пути перемешивания»  $L$ , аналогичного длине свободного пробега молекул в кинетической теории газов...» (Монин, 1983, с.116). Об этой же аналогии Л.Прандтля пишут К.Ф.Иванов и С.В.Сурков в книге «Механика жидкости и газа» (1995): «Первого заметного успеха в этом направлении (в направлении определения турбулентной вязкости – Н.Н.Б.) добился Л.Прандтль в 1925 году, предложив так называемую теорию пути перемешивания (смещения). В основе ее лежит аналогия с кинетической теорией газов и предположение о том, что путь смещения зависит от условий течения. В соответствии с гипотезой Прандтля, каждый турбулентный моль (вихрь) жидкости переносит некоторое количество движения, которое сохраняется постоянным на пути перемешивания. Другими словами, длина пути перемешивания, в известной мере, аналогична длине свободного пробега молекул в кинетической теории газов, и определяет

путь, который проходит моль жидкости, прежде чем он перемешается с другими жидкими образованиями и передаст свой импульс» (К.Ф.Иванов, С.В.Сурков, 1995).

**229) Аналогия Николая Мухелишвили.** Известный советский ученый Н.И.Мухелишвили (1916, 1922) получил ряд важных результатов в теории упругости, когда обнаружил аналогию между напряжениями, связанными с упругим смещением, и напряжениями, которые обусловлены наличием температурного поля. С.П.Тимошенко в книге «История науки о сопротивлении материалов» (1957) подчеркивает: «Другая интересная аналогия была указана Н.И.Мухелишвили. Она связывает напряжения, обусловленные наличием двумерного установившегося (стационарного) температурного поля, с напряжениями, являющимися результатом смещений (dislocations). Основываясь на этой аналогии, Вайбель исследовал поляризованно-оптическим способом температурные напряжения в круглых и прямоугольных трубах в условиях стационарного температурного поля» (Тимошенко, 1957, с.476). Об этом же пишет А.Д.Коваленко в книге «Введение в термоупругость» (1965): «Существует аналогия между плоской задачей термоупругости для многосвязных тел при стационарном температурном поле и плоской задачей изотермической теории упругости с дислокациями, которая установлена Н.И.Мухелишвили в 1916 г. [33]» (Коваленко, 1965, с.94).

**230) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре (1890-1895) создал теорию звукового колебательного потенциала для случая трех независимых переменных по аналогии с уравнениями звукового колебательного потенциала для двух независимых переменных, выведенными Вебером (1869). В свою очередь, Вебер вывел уравнение звукового колебательного потенциала для двух независимых переменных по аналогии с уравнением звукового колебательного потенциала Гельмгольца (1860) для одной независимой переменной. Позже Пуанкаре перенесет отдельные результаты теории звукового потенциала в теорию теплопроводности (В.С.Сологуб, «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях», 1975).

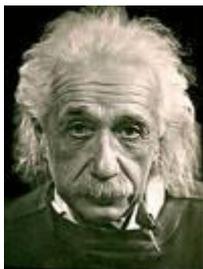
**231) Аналогия Анри Пуанкаре, Давида Гильберта и Альберта Эйнштейна.** А.Пуанкаре (1905) вывел математические преобразования Лоренца, относительно которых уравнения электродинамики Максвелла сохраняют свой вид, по аналогии с математической теорией непрерывных преобразований Софуса Ли. Принцип ковариантности, использованный Д.Гильбертом (1915) при формулировке общековариантных тензорных уравнений гравитационного поля, вошедших в состав общей теории относительности, явился результатом переноса в физику положения Феликса Клейна, согласно которому каждая геометрия есть теория инвариантов той или иной группы. А.Эйнштейн (1905) ввел в теорию относительности принцип инвариантности, утверждающий инвариантность физических законов относительно выбора системы координат, по аналогии с тем же положением Ф.Клейна. Е.М.Полищук в книге «Софус Ли» (1983) пишет: «Группа Лоренца, лежащая в основе теории относительности, - весьма частный случай группы Ли. Принцип ковариантности, которому Эйнштейн придавал исключительное значение (математическое выражение инвариантности физических законов относительно выбора системы координат), представляет собой перенесение на физическую почву положения Клейна, согласно которому каждая геометрия есть теория инвариантов той или иной группы. Схема Клейна получила у Ли далеко идущее и многостороннее развитие в построенной им теории дифференциальных инвариантов» (Полищук, 1983, с.6).

**232) Аналогия Марианна Смолуховского.** Мариан Смолуховский (1908) построил флуктуационную теорию голубого цвета неба, согласно которой причиной голубого цвета неба являются флуктуации плотности воздуха, через который проходит свет, по аналогии со своей теорией рассеяния света в жидкости. Я.М.Гельфер в книге «История и методология

термодинамики и статистической физики» (1981) отмечает: «В 80-х годах русский физик А.И.Надеждин, исследуя критическое состояние вещества, обнаружил сильное рассеяние света в жидкости вблизи критической точки, причина которого долгое время оставалась загадочной. Это явление, получившее наименование критической опалесценции, было объяснено Смолуховским на основе теории флуктуации в 1907 г. Он вывел соотношение между интенсивностью рассеянного света и физическими характеристиками жидкости (показателем преломления и сжимаемостью). В полученную формулу вошла также и постоянная Авогадро» (Гельфер, 1981, с.355). Об этой же аналогии пишет В.А.Анри в статье «М.Ф.Смолуховский» (журнал «Успехи физических наук», 1918, № 1). «Он показал в 1908 году, - говорит В.А.Анри о Смолуховском, - что явления помутнения жидкостей вблизи от критической температуры стоят в количественной зависимости от сжимаемости этих жидкостей и вызываются теми мельчайшими изменениями концентрации молекул, которые постоянно образуются в жидкости вследствие движения молекул. Также и синий цвет неба объясняется количественно постоянным образованием подобных же центров сгущения молекул, происходящих от того, что молекулы постоянно движутся и случайным образом то в одном, то в другом месте получается скопление молекул или же разжижение их. Теория вероятности позволяет вычислить, сколько таких центров образуется в данный момент в определенном объеме воздуха, и отсюда ясно, что можно вывести диффузию света и вычислить интенсивность синего цвета неба» (В.А.Анри, УФН, 1918).

**233) Аналогия Марианна Смолуховского.** М.Смолуховский независимо от А.Эйнштейна вывел уравнение броуновского движения по аналогии с уравнением распределения молекул газа по скоростям Д.Максвелла, или, лучше сказать, по аналогии с уравнением распределения ошибок наблюдений К.Гаусса. М.Смолуховский сам говорит об этом в статье «Границы справедливости второго начала термодинамики» (УФН, 1967, декабрь): «Для решения этого вопроса мы должны детальнее проанализировать механизм броуновского движения: как известно, последнее совершается как в лотерее, поскольку частица пробегает большое число совершенно неупорядоченно направленных, приближенно прямолинейных отрезков, а ее результирующее смещение представляется геометрической равноденствующей последних. Поэтому формулы броуновского движения вполне аналогичны закону распределения погрешностей, сформулированному Бернулли и Гауссом» (Смолуховский, УФН, 1967, с.733).

**234) Аналогия Г.Лоренца, А.Пуанкаре и А.Эйнштейна.** Г.Лоренц (1895), А.Пуанкаре (1895) и А.Эйнштейн (1905) открыли принцип относительности в электродинамике движущихся тел по аналогии с принципом относительности Г.Галилея (1632) в классической механике. Ф.Гернек в книге «Пионеры атомного века» (1974) указывает: «Принцип относительности, установленный Галилеем и Ньютоном для механического движения, Эйнштейн перенес из механики в электродинамику движущихся тел. При этом следовало при переходе к другой системе связей соответственно изменить и значение времени, которое у Галилея и Ньютона оставалось неизменным» (Ф.Гернек, 1974).



«Им кажется, что я в тихом удовлетворении взираю на итоги моей жизни. Но вблизи все выглядит совсем иначе. Там нет ни одного понятия, относительно которого я был бы уверен, что оно останется неизблемым, и я не убежден, нахожусь ли я вообще на правильном пути».

Альберт Эйнштейн о себе

**235) Аналогия Альберта Эйнштейна.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1921 год А.Эйнштейн (1905) высказал идею о независимости скорости света от скорости его источника по аналогии с фактом независимости скорости распространения звука от скорости движения источника этого звука. До Эйнштейна такую же мысль высказывал создатель волновой теории света Огюст Френель. Историки науки А.Тяпкин и Л.Шибанов пишут о Френеле: «Он первым высказал утверждение о независимости скорости распространения света от движения его источника. На эту мысль его натолкнула аналогия с явлением распространения звука» (А.Тяпкин, Л.Шибанов, «Пуанкаре», 1982).

**236) Аналогия Альберта Эйнштейна.** Альберт Эйнштейн (1906) расширил арсенал идей своей теории относительности, когда по аналогии перенес в нее формулу зависимости между массой и энергией  $E = mc^2$ , открытую А.Пуанкаре. Перед нами не что иное, как аналогия, представленная в форме прямого заимствования. Однако в этом нет ничего удивительного, поскольку любая теория строится из результатов, уже известных ученым, но существующих в разрозненном виде. Интересно, что А.Эйнштейн мог открыть формулу зависимости между массой и энергией по аналогии с известной формулой из молекулярно-кинетической теории, утверждающей, что энергия газовой молекулы пропорциональна произведению ее массы на квадрат скорости. Еще в 17 веке Г.Лейбниц и Х.Гюйгенс указывали, что величина живой силы, то есть то, что мы сейчас называем энергией, измеряется произведением массы на квадрат скорости. В 1801 году Томас Юнг писал, что «произведение массы тела на квадрат его скорости естественно называть энергией...» (Я.М.Гельфер, «История и методология термодинамики и статистической физики», 1969). О том, что А.Пуанкаре получил формулу  $E = mc^2$  раньше Эйнштейна, пишет Л.Б.Окунь в статье «Понятие массы» (журнал «Успехи физических наук», 1989, том 158, выпуск 3): «Формула  $E = mc^2$  появилась в 1900 г., до создания теории относительности. Написал ее А.Пуанкаре, который исходил из того, что плоская световая волна, несущая энергию  $E$ , несет импульс  $p$ , абсолютная величина которого, в соответствии с теоремой Пойнтинга, равна  $E/c$ . Используя нерелятивистскую формулу Ньютона для импульса  $p = mv$  и учитывая, что для света  $v = c$ , Пуанкаре [4] пришел к выводу, что фотон должен обладать инертной массой  $m = E/c^2$ » (Окунь, 1989, с.522).

**237) Аналогия Альберта Эйнштейна.** Занимаясь теорией броуновского движения, А.Эйнштейн (1905) нашел закон среднего квадратичного смещения броуновской частицы по аналогии с законом наименьших квадратов К.Гаусса или, что одно и то же, по аналогии с законом распределения молекул газа по скоростям Д.Максвелла. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) пишет об Эйнштейне: «Ему пришла также в голову удачная мысль применить к броуновскому движению ту же гипотезу, которую Максвелл положил в основу расчета распределения скоростей молекул газа, т.е. любопытный постулат, который может показаться внутренне противоречивым: броуновское движение совершенно нерегулярно. Если принять этот постулат, то к броуновскому движению можно применить те же рассуждения, которые использовал Максвелл при изучении скоростей молекул...» (Льоцци, 1970, с.348).

**238) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн пришел к выводу о существовании электрических флуктуаций и вывел формулу этих флуктуаций по аналогии с существованием броуновского движения и своей формулой для среднеквадратичного смещения броуновской частицы. Эйнштейн склонился к заключению, что по найденной им формуле можно рассчитать среднеквадратичное значение количества электричества, которое вследствие хаотического движения электронов проходит за определенное время через поперечное сечение проводника, замкнутого в кольцо. Обозначив уравнение броуновского движения, выведенное Эйнштейном, символом (5), В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов в книге «Эйнштейн: изобретения и эксперимент» (1990) пишут: «Но соотношение (5) совершенно общее, и ниоткуда не следует, что сфера его применения ограничивается только механическим движением. И поэтому здесь впервые Эйнштейн обращает внимание на «электрические»

флуктуации, которые также может описывать формула (5). В частности, он указывает, что по этой формуле можно рассчитать среднеквадратичное значение количества электричества, которое вследствие хаотического движения электронов проходит через время  $t$  через поперечное сечение проводника, замкнутого в кольцо. В этом случае в качестве подвижности следует взять отношение тока к электродвижущей силе, т.е. величину, обратную электросопротивлению кольца» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990). В Интернете есть электронная версия книги данных авторов.

**239) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1905) построил квантовую теорию фотоэффекта по аналогии с теорией рентгеновской ионизации Д.Д.Томсона (П.С.Кудрявцев, «Д.Д.Томсон», 1986). Другой аналогией, которую использовал А.Эйнштейн, была экстраполяция квантовой гипотезы М.Планка на явление электронной эмиссии, возникающей при облучении некоторых металлов ультрафиолетовыми лучами. В книге «Лауреаты Нобелевской премии» (1992), в статье «Бор Нильс» констатируется: «В 1900 г. Макс Планк выдвинул предположение, что электромагнитное излучение, испускаемое горячим веществом, идет не сплошным потоком, а вполне определенными дискретными порциями энергии. Назвав в 1905 г. эти единицы квантами, Альберт Эйнштейн распространил данную теорию на электронную эмиссию, возникающую при поглощении света некоторыми металлами (фотоэлектрический эффект)» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**240) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1915) предсказал в своей общей теории относительности искривление лучей света вблизи массивного небесного тела по аналогии с искривлением траектории движения крупных тел вблизи объектов, обладающих сильной гравитацией. До Эйнштейна об искривлении лучей света вблизи массивного небесного объекта писал Ньютон. В.Гинзбург в книге «О науке, о себе и о других» (2003) констатирует: «...Некоторые исторические экскурсы помогают пониманию, не говоря уже об обязанности отдать дань первооткрывателям. Отклонение световых лучей в гравитационном поле хороший тому пример. Намек на такой эффект имеется уже у Ньютона. В рамках корпускулярной теории света и в предположении о равенстве или даже пропорциональности тяжелой и инертной массы наличие отклонения очевидно. Расчет для отклонения светового луча в поле Солнца был произведен Золднером еще в 1801 г.» (Гинзбург, 2003, с.31).

**241) Аналогия Альберта Эйнштейна и Марселя Гроссмана.** А.Эйнштейн и его друг М.Гроссман (1914, 1915) разработали математический аппарат общей теории относительности по аналогии с математическим аппаратом неевклидовой (многомерной) римановой геометрии. Кроме того, А.Эйнштейн и М.Гроссман по аналогии перенесли в ОТО тензорное исчисление (абсолютное дифференциальное исчисление) Риччи и Леви-Чивиты. В.П.Визгин и Я.А.Сморodinский в статье «От принципа эквивалентности к уравнениям тяготения» (журнал «Успехи физических наук», 1979, том 128, выпуск 3) пишут: «Гроссман нашел подходящий математический аппарат: абсолютное дифференциальное исчисление Риччи и Леви-Чивиты (тензорный анализ в  $n$ -мерном римановом пространстве). Повидимому, именно эта математика «внушала большое уважение» Эйнштейну и по сравнению именно с этим первым наброском ОТО первоначальная теория относительности выглядела «детской игрушкой» (Визгин, Смородинский, УФН, 1979, с.404). В той же статье В.П.Визгин и Я.А.Сморodinский приводят слова самого Эйнштейна из его Гибсоновской лекции, прочитанной в университете Глазго в 1933 году: «Над этими вопросами я работал с 1912 до 1914 гг. вместе с моим другом Марселем Гроссманом. Мы обнаружили, что математические методы для решения первой проблемы уже существовали в готовом виде в абсолютном дифференциальном исчислении Риччи и Леви-Чивиты» (там же, с.403). И.М.Яглом в предисловии к книге Г.Вейля «Симметрия» (2007) отмечает: «А.Эйнштейн при построении теории относительности существенно опирался на замечательные построения Б.Римана, изложенные в его речи «О гипотезах, лежащих в основании геометрии», приобретшей

широкую известность благодаря глубоким комментариям Г.Вейля» (Вейль, 2007, с.13). А.А.Тяпкин в очерке «Об истории возникновения теории относительности» (Дубна, 2004) считает, что основная заслуга переноса тензорного исчисления в общую теорию относительности принадлежит Марселю Гроссману: «М.Гроссман как математик сыграл важную роль в решающий период поворота на правильный, но весьма сложный путь геометрического подхода. Его роль вовсе не ограничивалась отысканием нужной математической литературы, как об этом неоднократно писал Эйнштейн будто бы с целью «отблагодарить» своего друга. Им впервые была сделана важная математическая работа обобщения неевклидовой геометрии Римана обычного пространства на четырехмерное объединение пространства-времени» (А.А.Тяпкин, 2004). Вывод Эйнштейна о том, что гравитация представляет собой искривление пространства и времени, возникло по аналогии с его же идеей о том, что ускоренное движение приводит к искривлению пространства и времени. Основанием для проведения такой аналогии послужил сформулированный Эйнштейном принцип об эквивалентности ускоренного движения и гравитации (Б.Грин, «Элегантная Вселенная», 2004).

**242) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1915) вывел общековариантные тензорные уравнения гравитационного поля по аналогии с исследованиями великого математика Давида Гильберта (1915), который первый нашел эти уравнения и сообщил их в письме А.Эйнштейну. К сожалению, включив данные уравнения, основанные на принципе ковариантности (инвариантности), в свою общую теорию относительности, А.Эйнштейн не сообщил о том, что он заимствовал их у Гильберта. Перед нами весьма распространенная форма аналогии – аналогия как прямое заимствование, когда ученый копирует чей-то научный результат и включает его в состав своей теории. Примечательно, что до момента публикации переписки Эйнштейна с Гильбертом по вопросу о выводе ковариантных тензорных уравнений гравитационного поля никто не знал, что Эйнштейн заимствовал эти уравнения у Гильберта. А.А.Тяпкин в очерке «Об истории возникновения теории относительности» (2004) вполне справедливо ставит вопрос: «Разве до оглашения переписки Эйнштейна и Гильберта была в мировом сообществе нормальная оценка научного вклада выдающегося математика Гильберта в создание важнейшего для физики общековариантного уравнения гравитационного поля? Ведь даже в самой обширной и объективной статье В.Паули (1921), написанной для энциклопедии математических наук, Гильберт был упомянут в историческом введении лишь в примечании и не совсем точными словами: «Одновременно с Эйнштейном и независимо от него общековариантные уравнения поля установлены Гильбертом» (А.А.Тяпкин, 2004). «Только оглашение ноябрьской переписки [60] двух ученых, - поясняет А.А.Тяпкин, - сделало достоянием общественности факт заимствования Эйнштейном тензорного уравнения, полученного только Гильбертом. В соответствии с вновь установленными фактами должна произойти и определенная переоценка вклада ученых в создание этой теории» (А.А.Тяпкин, 2004).

**243) Аналогия Альберта Эйнштейна.** Идея Эйнштейна (1916) о том, что атом вследствие орбитального движения электронов должен излучать гравитационную энергию, имеющую квантовый характер, возникла по аналогии с тем, что атом вследствие того же движения электронов излучает электромагнитную энергию. Г.Е.Горелик в статье «Матвей Бронштейн и квантовая гравитация. К 70-летию нерешенной проблемы» (УФН, 2005, октябрь) пишет: «Выведя формулу для излучения гравитационных волн, он заметил, что «атом вследствие внутриатомного движения электронов должен излучать не только электромагнитную, но и гравитационную энергию, хотя и в ничтожном количестве». (...) Это краткое замечание 1916 г. содержит три важных свидетельства. Во-первых, видно, что Эйнштейн отводит квантовой идее ведущую роль. Во-вторых, подразумевает существование параллели между электродинамикой и гравитацией – эту мысль о параллели он в 20-е годы превратит в

убеждение о глубинном родстве двух сил и встанет на рельсы Единой теории поля...» (Горелик, УФН, 2005, с.1093).

**244) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1917) выдвинул гипотезу о том, что переход электрона с одного энергетического уровня на другой в атоме является спонтанным событием и должен изучаться на основе статистических представлений, по аналогии с исследованиями Э.Резерфорда, установившего, что каждый отдельный радиоактивный атом распадается спонтанно, ввиду чего этот распад является вероятностным процессом. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) констатирует: «В 1917 г. появилась знаменитая работа Эйнштейна, его крупнейший вклад в квантовую теорию, в которой к атому Бора применялся тот же вероятностный подход, что и для закона радиоактивного распада. Подобно тому, как каждый отдельный радиоактивный атом взрывается в некий непредвиденный момент в результате случайного процесса, не имеющего видимой причины, так и переход электрона в атоме совершенно непредвиден и должен изучаться согласно статистическим законам» (Льоцци, 1970, с.395). Упоминая о том, что впоследствии Эйнштейн критически относился к статистической интерпретации квантовой механики и часто дискутировал с Нильсом Бором по данному вопросу, М.Льоцци говорит: «Тем не менее, остается историческим фактом, что именно Эйнштейн первый перенес статистический метод, применявшийся при изучении радиоактивности, на другие области физики» (там же, с.396). О том, что Эйнштейн опирался на аналогию с идеей Резерфорда о вероятностном характере радиоактивного распада атома, говорит сам Эйнштейн, приводя доводы в пользу своей теории: «В пользу этой теории говорит также то, что принятый для спонтанного излучения статистический закон есть не что иное, как закон Резерфорда для радиоактивного распада...» (Дорфман, 2007, с.232). Об этой же аналогии Эйнштейна пишет И.Л.Радунская в книге «Крушение парадоксов» (1971): «В 1917 году Эйнштейн сделал шаг, последствия которого он еще не мог предвидеть. Шаг заключался в применении к атому Бора того статистического подхода, который сам Эйнштейн и польский ученый Смолуховский применили к расчетам таинственного броуновского движения – безостановочной пляске мельчайших частиц. Эйнштейн заметил, что акты излучения и поглощения света должны подчиняться таким же вероятностным закономерностям, как радиоактивный распад. Каждый единичный акт «непредсказуем и случаен...» (И.Л.Радунская, 1971).

**245) Аналогия Альберта Эйнштейна.** Догадка А.Эйнштейна (1917) о существовании вынужденного излучения, возникающего в ситуации, когда фотон определенной частоты выбивает из атома другой фотон, обладающий такой же частотой, возникла у него следующим образом. Эйнштейн руководствовался аналогией с явлением электромагнитного резонанса, обнаруженного Г.Герцем (1887) и состоящего в том, что электромагнитная волна, воздействующая на вибратор, способна приводить к излучению вибратором другой электромагнитной волны. М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) поясняет: «В этой связи следует отметить, что на саму мысль о существовании индуцированного излучения, - поясняет М.Джеммер, - Эйнштейна навела (так и хочется сказать: в соответствии с принципом соответствия) классическая теория взаимодействия между полем излучения и системой колеблющихся зарядов» (Джеммер, 1985, с.119). Об этом же пишет историк науки И.М.Дунская в книге «Возникновение квантовой электроники» (1974). Она отмечает, что гипотеза Эйнштейна об индуцированной эмиссии света возникла по аналогии с электромагнитным резонансом Герца, причем вывод Эйнштейна о вероятностном характере индуцированной эмиссии опирался на аналогию со статистической природой радиоактивного излучения. О существенной роли аналогии в возникновении догадки Эйнштейна свидетельствует следующее замечание известного физика А.Рухадзе, сделанное им по поводу осторожного отношения Л.Д. Ландау к гипотезе вынужденного излучения: «Повидимому, как сам Л.Д.Ландау, так и его соавторы недостаточно глубоко вникли в проблему и считали, что вынужденное излучение – чисто квантовое явление, предсказанное

Эйнштейном. Хотя в самой работе Эйнштейна четко написано, что он теорию известного классического явления обобщил на квантовый случай» (Б.Горобец, «Круг Ландау», 2006, с.8).

**246) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1924) построил квантовую теорию одноатомного идеального газа по аналогии статистической теорией фотонов Бозе (1924). В книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) Я.М.Гельфер пишет: «Вместо ожидаемой формулы Планка получался закон Вина. Учитывая также и то, что классическая статистика не давала и решения проблемы вырождения без искусственных допущений, можно было предположить, что во всех этих рассуждениях не хватало какого-то важного звена. Все это продолжало волновать ум Эйнштейна, и он упорно искал решение загадки, когда летом 1924 г. получил рукопись статьи Бозе «Закон Планка и гипотеза световых квантов» (Гельфер, 1981, с.501). «Основная идея Эйнштейна, - поясняет Я.М.Гельфер, - заключалась в распространении метода Бозе с фотонов на молекулы идеального газа» (там же, с.504). Об аналогии, проведенной Эйнштейном, Я.М.Гельфер говорит и в другом месте своей книги: «В отличие от Эйнштейна, который, как было показано выше, пришел к своей статистике, распространив метод Бозе на частицы идеального газа, Ферми к своей статистике пришел через проблему абсолютного значения энтропии, которой он заинтересовался еще в 1923 г.» (там же, с.510). Макс Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963) описывает историю данной идеи Эйнштейна аналогичным образом: «Существенным пунктом в методике Бозе является то, что он обращается с фотонами, как с частицами газа, с помощью методов статистической механики, но с той разницей, что эти частицы рассматриваются как неразличимые» (Борн, 1963, с.183). Эта аналогия описывается также М.Борном в статье «Статистические теории Эйнштейна» (сборник «Альберт Эйнштейна. Мир и физика», 2003): «В этом случае исходная идея принадлежала не ему, а индийскому физика С.Н.Бозе; его статья появилась в переводе самого Эйнштейна, который добавил замечание относительно того, что рассматривает его работу как важную ступень в развитии физики. Существенным пунктом в методике Бозе является то, что он обращается с фотонами, как с частицами газа, с помощью методов статистической механики, но с той разницей, что эти частицы рассматриваются как неразличимые. (...) Эйнштейн обобщил эту идею, добавив к ней предположение о том, что такой же ход мыслей должен быть применен к материальным атомам, чтобы получить квантовую теорию одноатомного газа» (Борн, 2003, с.202). Наконец, такую же трактовку мы встречаем во втором томе «Всемирной истории физики» (2007) Дорфмана: «В своей теории Бозе впервые ввел для фотонов статистику, в которой всякое распределение... принимается во внимание только один раз, так как фотоны принципиально неразличимы. Эйнштейн показал, что это предположение оказывается необходимым и в случае статистики одноатомного идеального газа, так как в противном случае возникает противоречие с теоремой Нернста. Эйнштейн первоначально не высказал никаких соображений относительно причин этого обстоятельства, отметив лишь «далеко идущее формальное сходство между излучением и газом» (Дорфман, 2007, с.254). «...Допуская, - аргументирует Эйнштейн, - что излучение можно рассматривать как газ из квантов, мы обязаны признать, что аналогия между газом из квантов и газом из молекул должна быть полной» (там же, с.255).

**247) Аналогия Альберта Эйнштейна.** А.Эйнштейн (1925) теоретически предсказал, что при очень низкой температуре макроскопическое число атомов или молекул приобретают нулевой импульс («застывают»), по аналогии с явлением конденсации газа, при котором молекулы газа, находящиеся в быстром движении при нормальной температуре, превращаются в жидкое тело с понижением температуры. Это было предсказание так называемого «конденсата Бозе-Эйнштейна». Основанием для проведения данной аналогии послужили исследования Эйнштейна, в рамках которых он реализовал другую аналогию: после того, как Ш.Бозе применил принципы газовой динамики к частицам света фотонам, Эйнштейн применил те же принципы газовой динамики (статистической физики) к

молекулам одноатомного газа. В статье «Конденсат Бозе-Эйнштейна» (электронная энциклопедия «Википедия») констатируется: «Замедление атомов с использованием охлаждающей аппаратуры позволяет получить сингулярное квантовое состояние, известное как конденсат Бозе, или Бозе-Эйнштейна. Это явление было предсказано в 1925 г. А.Эйнштейном, как результат обобщения работы Ш.Н.Бозе, где строилась статистическая механика для частиц, начиная от безмассовых фотонов до обладающих массой атомов (рукопись Эйнштейна, считавшаяся утерянной, была обнаружена в библиотеке Лейденского университета в 2005 г.)». А.Близнецова в статье «Холодный расчет», опубликованной в журнале «Популярная механика» (июль 2003 г.), поясняет суть явления, предсказанного Эйнштейном: «Чем ниже становится температура, тем медленнее и медленнее передвигаются «среднячки» (молекулы газа, имеющие среднюю скорость движения при очень низкой температуре – Н.Н.Б.) и тем больше частиц вообще останавливается, имея нулевую скорость. Анализируя такое поведение молекул, Эйнштейн получил удивительный результат: понижение температуры газа может, в конце концов, привести к тому, что не просто много частиц, а подавляющее их большинство перестанет двигаться и замрет на месте. Это явление он назвал конденсацией, а сам газ в таком состоянии - конденсатом» (А.Близнецова, 2003). В 1995 году Эрик Корнелл, Вольфганг Кеттерле и Карл Вьеман экспериментально обнаружили конденсат Бозе-Эйнштейна на примере «замерзания» паров натрия или рубидия, за что были удостоены в 2001 году Нобелевской премии.

**248) Аналогия Уильяма Брэгга.** Закон Брэгга, математически определяющий условие дифракции рентгеновских лучей, был открыт лауреатом Нобелевской премии по физике за 1915 год У.Брэггом по аналогии с математической формулой, определяющей условие дифракции обычных световых лучей. У.Л.Брэгг в статье «Рентгеновская кристаллография» (журнал «Успехи физических наук», март 1969 г.) замечает: «Я впервые сформулировал условие дифракции в такой форме в работе, представленной в... 1912 г., когда я только еще начинал свою работу в этой области. Оно стало известно под именем закона Брэгга. Однако я всегда понимал, что слава пришла ко мне слишком легко, поскольку этот принцип был хорошо известен еще раньше в оптике видимого света» (Брэгг, УФН, 1969, с.527). Об этом же пишут А.С.Сонин и М.А.Ковнер в статье «История основной формулы рентгеновской кристаллографии» (электронный сборник «Исследования по истории физики и механики в 2000-2005 года»): «...Вульф вывел основную формулу рентгеновской кристаллографии, используя формулу Лауэ для связи между длиной волны и положениями максимумов интенсивностей. Независимо от Вульфа У.Л.Брэгг получил ту же формулу, используя оптическую аналогию – применив известную формулу, описывающую дифракцию света на пространственной решетке» (Сонин, Ковнер, 2005, с.57).

**249) Аналогия Ирвинга Ленгмюра (Лэнгмюра).** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1932 год И.Ленгмюр (1926) вывел уравнение дисперсии продольных колебаний плазмы, получившее название закона дисперсии ленгмюровских волн, по аналогии с уравнением дисперсии звуковых волн. Как известно, звуковые волны тоже являются продольными колебаниями. Д.И.Трубецков и А.Г.Рожнов в книге «Линейные колебания и волны» (2001), показывая способ вывода уравнения дисперсии волн Ленгмюра, пишут: «...Из условия совместности получившейся алгебраической системы находим закон дисперсии ленгмюровских волн:  $(\omega - kv_0)^2 = \omega^2 \rho + k^2 \frac{d\rho}{d\rho_0}$ . (12.9). Это уравнение при  $v_0=0$  соответствует дисперсионному уравнению  $\omega^2 = \omega_0^2 + k^2 / (LC)$  для цепочки связанных маятников. Подобное (12.9) уравнение было получено впервые Ленгмюром, который исходил из аналогии со звуковыми волнами в воде» (Трубецков, Рожнов, 2001, с.292).

**250) Аналогия Гертруды де Гааз-Лоренц.** Женщина-физик Г.де Гааз-Лоренц (1913) выдвинула гипотезу о существовании случайной электродвижущей силы, действующей в электрической цепи и вызывающей в ней флуктуации токов и напряжений, по аналогии с

представлением П.Ланжевена о существовании случайной силы, вызывающей броуновское движение взвешенных в жидкости частиц. Позже американский физик Гарри Найквист воспользовался гипотезой де Гааз-Лоренц при разработке спектральной теории тепловых шумов. С.М.Рытов в статье «Электрические флуктуации и тепловое излучение» (УФН, 1955, март) отмечает: «Спектральную теорию тепловых шумов развил Найквист. Он основывался на представлении о случайной электродвижущей силе, действующей в электрической цепи и вызывающей в ней флуктуации токов и напряжений. Это представление было введено де Гааз-Лоренц еще в 1913 г., по аналогии с ланжевенновской случайной силой, вызывающей броуновское движение взвешенной частицы» (Рытов, УФН, 1955, с.302).

**251) Аналогия Вальтера Шоттки.** Немецкий ученый, ученик М.Планка, В.Шоттки (1918) сформулировал предположение о том, что причиной хаотического шумового фона, существующего в усилителях электромагнитных волн, является статистический характер испускания электронов катодом лампового усилителя, по аналогии с тем, что источником броуновского движения, а также расширения газов является статистический характер движения молекул. О статистическом характере движения молекул говорили Д.Максвелл, Л.Больцман, Д.Гиббс. Эти ученые разработали новую научную дисциплину, изучающую хаотические флуктуации, - статистическую физику. Существенный вклад в нее внес А.Эйнштейн, который вывел математическое уравнение броуновского движения. В.Шоттки понял причину шумового фона в радиоприборах, когда ознакомился с лекциями Эйнштейна по статистической механике. В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов в книге «Эйнштейн: изобретения и эксперимент» (1990) пишут о шумах, возникающих в ламповых усилителях: «Сначала думали, что эти шумы возникают из-за разного рода случайных механических и электромагнитных воздействий на усилитель, из-за нестабильности электропитания, наличия остаточных газов в вакуумных лампах и т.д. В 1918 г. немецкий физик, ученик М.Планка, В.Шоттки первым понял, что даже при полном устранении всех этих возможных источников шумов некоторый шумовой фон в усилителе все-таки должен остаться. Его причина – статистический характер испускания электронов катодом лампы: поток «дробинки» - электронов, бомбардирующих анод, флуктуирует во времени (это явление Шоттки назвал дробовым эффектом), значит, ток, идущий через лампу, испытывает хаотические колебания, а это равносильно подсоединению на ее вход источника хаотического шумового сигнала. Любопытно, что Шоттки впервые заинтересовался флуктуациями, прослушав в Берлине лекцию Эйнштейна по статистической механике» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990). Таким образом, В.Шоттки постулировал существование дробового эффекта (флуктуаций электронов) по аналогии с явлением броуновского движения (флуктуациями молекул).

**252) Аналогия Гарри Найквиста.** Американский физик Г.Найквист (1928) построил теорию теплового шума в электрическом контуре, то есть теорию тепловых флуктуаций сопротивления в электрической цепи, когда по аналогии перенес в данную теорию методы термодинамики и статистической механики. В термодинамике существует прием исследования, который предполагает анализ обмена энергией между двумя телами. Этот прием в свое время использовали Больцман и Планк, хотя за 100 лет до них его применил швейцарский физик Пьер Прево в работе «Мемуар о равновесии огня» (1792). Г.Найквист перенес этот метод в теорию электрических флуктуаций. М.Букингем в книге «Шумы в электронных приборах и системах» (1986) пишет: «В своем рассмотрении теплового шума Найквист [9] воспользовался приемом, заключающимся в анализе обмена энергией между двумя электрическими проводниками, соединенными идеальной передающей линией без потерь и находящимися в состоянии равновесия при температуре  $\theta$ » (Букингем, 1986, с.297). Аналогия Г.Найквиста становится еще более ясной в свете следующего высказывания М.Букингема: «Спектральная плотность флуктуаций напряжения на сопротивлении, находящемся в тепловом равновесии с окружающей средой, первоначально была получена Найквистом [1] с привлечением методов термодинамики и статистической механики. Его

исследование проблемы появилось вскоре после работы Джонсона, наблюдавшего тепловые флуктуации в сопротивлении...» (там же, с.364). Факт использования в термодинамике приема рассмотрения равновесного обмена энергией между двумя телами хорошо описан М.Гельфером в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1969). Он приводит отрывок из «Мемуара о равновесии огня» П.Прево: «Равновесие огня состоит в равновесии обменов, произведенных путем излучения. Если два соседних тела посылают взаимно то же самое число частиц огня в данное время, то их соседство не изменяет их температур. Их теплоты уравниваются» (М.Гельфер, 1969). Далее Гельфер подчеркивает преемственность между работой П.Прево и другими творцами термодинамики: «...Он считает, что процесс лучеиспускания происходит корпускулами, а не волнами. Теория лучистого обмена Прево подготовила ту почву, на которой впоследствии смогли быть проведены классические исследования Кирхгофа, Стефана и Больцмана и которые, в свою очередь, явились отправной точкой работ Планка, завершившихся открытием революционной теории нашего времени – теории квантов» (М.Гельфер, 1969). Отсюда видно, что Г.Найквист перенес в спектральную теорию теплового шума способ анализа, восходящий к работам П.Прево (1792). Что касается формулы Найквиста, описывающей спектральную плотность ЭДС, то он открыл ее благодаря тому, что по аналогии экстраполировал в теорию флуктуаций сопротивления проводника знаменитое уравнение Ланжевена (стохастическое дифференциальное уравнение, описывающее броуновское движение). Ю.Л.Климонтович в статье «Флуктуационно-диссипационные соотношения. Роль конечности времени корреляции. Квантовое обобщение формулы Найквиста» (УФН, 1987, том 151, выпуск 2) отмечает: «В 1928 г. Найквист использовал уравнение Ланжевена  $dq/dt = I, I dI/dt + RI + 1/C q = E(t)$  для описания тепловых колебаний (броуновского движения) в электрическом контуре. Роль силы Ланжевена играет случайная э.д.с., спектральная плотность которой определяется выражением  $(E^2)_{\omega} = 2RkT$  – формулой Найквиста» (Климонтович, 1987, с.310).

**253) Аналогия Теодора Калуца.** Выдающийся математик Теодор Калуца (1919) высказал предположение о том, что пространственная структура Вселенной может содержать больше измерений, чем три известных нам из жизненного опыта, благодаря следующей аналогии. Однажды Калуца выписал новые уравнения для Вселенной при умеренном предположении об одном дополнительном пространственном измерении. При этом он обнаружил, что в этой пересмотренной формулировке уравнения, относящиеся к трем обычным измерениям, по существу совпадают с уравнениями Эйнштейна. Но благодаря тому, что он включил дополнительное пространственное измерение, Калуца получил новые уравнения в дополнение к тем, которые первоначально вывел Эйнштейн. Изучив эти дополнительные уравнения, связанные с новым измерением, Калуца обнаружил нечто удивительное. Оказалось, что дополнительные уравнения представляют собой не что иное, как полученные Максвеллом в 1860-х годах уравнения, описывающие электромагнитное взаимодействие! Добавив еще одно пространственное измерение, Калуца объединил теорию гравитации Эйнштейна с максвелловской теорией электромагнитного поля. Таким образом, аналогия новых уравнений Вселенной, полученных при введении дополнительного пространственного измерения, с уравнениями Максвелла для электромагнитного взаимодействия, и привела Калуцу к мысли о наличии более, чем трех измерений, характеризующих пространственную структуру Вселенной, а также к мысли о возможности объединить общую теорию относительности (теорию гравитации) Эйнштейна с теорией электромагнитного поля Максвелла (Б.Грин, «Элегантная Вселенная», 2004).

**254) Аналогия Эрнста Руски.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1986 год Э.Руски (1929) пришел к идее о создании электронного микроскопа, когда обратил внимание на следующую аналогию: магнитное поле короткой катушки постоянного тока оказывает такое же воздействие на пучок электронов, какое оказывает стеклянная линза на световой луч. Другими словами, сходство действия магнитного поля на поток электронов и действия

стеклянной линзы на световую волну играло роль толчка в формулировке идеи электронного микроскопа. Э.Руска в своей Нобелевской лекции «Развитие электронного микроскопа и электронной микроскопии» (УФН, 1988, февраль) пишет: «Еще до этого Гитторф (1869 г.) и Беркленд (1896 г.) использовали аксиально-симметричное поле, расположенное перед цилиндрическим магнитом, для фокусировки катодных лучей. Более точного представления о влиянии аксиально-симметричного, т.е. неоднородного магнитного поля... на электронный пучок, проходящий вдоль их осей, долгое время не удавалось получить. Поэтому Ганс Буш в Йене рассчитал траектории электронов в таком электронном пучке и обнаружил, что магнитное поле короткой катушки оказывает такое же воздействие на пучок электронов, что и стеклянная линза с определенным фокусным расстоянием на световой пучок. Фокусное расстояние такой «магнитной электронной линзы» можно непрерывно изменять с помощью тока в катушке. Буш хотел экспериментально проверить свою теорию, но не смог провести новые эксперименты из-за нехватки времени» (Э.Руска, УФН, 1988).

**255) Аналогия Леона Бриллюэна.** Л.Бриллюэн (1922) выдвинул гипотезу о дифракции световых волн на термоупругих естественных волнах – колебаниях узлов решетки твердого или жидкого тела по аналогии с дифракцией рентгеновских лучей на атомах природных кристаллов, которую предсказал Макс фон Лауэ и экспериментально обнаружили В.Фридрих и П.Книппинг. А.Кастлер в статье «Жизнь и творчество Леона Бриллюэна» (УФН, январь 1972 г.) воспроизводит размышления Бриллюэна относительно тепловых колебаний узлов решетки: «Но есть и другая причина отклонений кристаллической решетки от идеальной, которая вызывает отклонение атомов от узлов геометрической решетки: это – тепловое движение. Оно заставляет колебаться атомы около их положения равновесия и вызывает флуктуации плотности внутри кристалла. Эти флуктуации также приводят к рассеянию света» (Кастлер, УФН, 1972, с.106).

**256) Аналогия Леона Бриллюэна.** Л.Бриллюэн пришел к идее о дифракции света на ультразвуке по аналогии с дифракцией (рассеянием) света на тепловых колебаниях атомов вещества, то есть на термоупругих естественных волнах в конденсированной среде. Лауреат Нобелевской премии по физике А.Кастлер в статье «Жизнь и творчество Леона Бриллюэна» (УФН, январь 1972 г.) пишет: «Явление рассеяния света, предсказанное Леоном Бриллюэном в 1922 г., должно было привести еще к одному явлению: дифракции света на ультразвуке. В самом деле, если термоупругие естественные волны в конденсированной среде (твердой или жидкой), связанные с тепловым движением, вызывают рассеяние света с изменением длины волны, то этот же эффект, но гораздо более сильный, можно получить, если искусственно возбудить в среде с помощью внешнего источника (например, пьезоэлектрического) ультразвуковую волну. Идея такого эксперимента появилась одновременно и независимо, как это часто бывает в физике, у Дебая и Сирса в Соединенных Штатах и у Люка и Бикара во Франции. Первые экспериментальные результаты были получены ими в 1932 г.» (Кастлер, УФН, 1972, с.109).

**257) Аналогия Ш.Н.Бозе.** Индийский физик Ш.Н.Бозе (1924) разработал статистическую теорию частиц света по аналогии со статической теорией молекул газа. Ознакомившись с утверждением Эйнштейна о том, что свет – это частицы, Бозе применил к частицам света статистические методы, используемые в газодинамике (динамике частиц газа). Метод подсчета вероятностей для газа, состоящего из неразличимых между собой частиц вещества, Бозе смело распространил на свет, предварительно предположив, что кванты света, обладающие равной энергией, так же неразличимы, как частицы газа. Отметим, что независимо от Бозе метод статистического подсчета частиц света был в общих чертах намечен Паулем Эренфестом в 1911 г. Э.Сегре в книге «Энрико Ферми» (1973) констатирует: «...Статистическая механика встречалась с трудностями при попытке корректно найти число состояний в газе, содержащем тождественные частицы. Первый важный шаг к преодолению

этих трудностей был сделан Бозе, который в 1924 г. статистическими методами вывел формулу для излучения черного тела. Он рассматривал излучение черного тела как идеальный газ световых квантов и подсчитывал микроскопические состояния новым способом. Эйнштейн сразу оценил важное значение метода Бозе и распространил его на газ обычных молекул» (Сегре, 1973, с.63).

**258) Аналогия О.Д.Хвольсона и А.Эйнштейна.** О.Д.Хвольсон (1924) и А.Эйнштейн (1936) пришли к идее фокусировки световых лучей под действием гравитационного поля по аналогии с фактом фокусировки световых лучей при прохождении сквозь оптические линзы в телескопе и микроскопе. В.Гинзбург в книге «О науке, о себе и о других» (2003) пишет: «Замечу, что эффект линзирования с его характерными чертами впервые, насколько известно, был рассмотрен Хвольсоном в 1924 г. и Эйнштейном в 1936 г. Возникающий при линзировании характерный конус называют конусом Эйнштейна или Эйнштейна-Хвольсона. Разумеется, правильно лишь последнее название. Когда-то наблюдать гравитационные линзы считалось практически невозможным. Однако в 1979 г. было обнаружено линзирование одного из квазаров» (Гинзбург, 2003, с.32). Независимо от Хвольсона и Эйнштейна данную аналогию проводили также О.Лодж и А.Эддингтон (1920). В.Сурдин в статье «Портрет Вселенной сквозь гравитационную линзу» (журнал «Знание-сила», 1998, № 9-10) пишет: «Но астрономы сразу же обратили внимание на эффект Эйнштейна (искривление лучей света в гравитационном поле – Н.Н.Б.): ведь массивное тело отклоняет лучи света так же, как объектив телескопа – то есть по направлению к оптической оси. Следовательно, где-то далеко лучи должны собраться в точке фокуса. Расстояния эти действительно велики: ближайшая к Солнцу точка его фокуса расположена в 550 раз дальше Земли. Впрочем, большие расстояния не пугают астрономов, у которых «лабораторный стол» - это ведь необъятный космос. Поэтому англичане О.Лодж и А.Эддингтон уже в 1919-1920 годах рассматривают свойства «гравитационных линз», но оптимистических выводов еще не делают. Трудно представить, что в России тех лет кого-то могла взволновать эта экзотика, однако же в 1924 году гравитационные линзы обсуждает знаменитый петербургский профессор физики Орест Данилович Хвольсон» (В.Сурдин, 1998).

**259) Аналогия Фрица Цвикки.** Ф.Цвикки (1937) выдвинул гипотезу о существовании эффекта искривления лучей света гравитационным полем галактики (или скоплением галактик) по аналогии с эффектом искривления лучей света звездой, предсказанным А.Эйнштейном в общей теории относительности. Исходя из возможности существования явления гравитационной линзы, создаваемой звездой, Ф.Цвикки по аналогии предположил, что возможно явление гравитационной линзы, создаваемой галактикой. В.Сурдин в статье «Портрет Вселенной сквозь гравитационную линзу» (журнал «Знание-сила», 1998, № 9-10) указывает: «Но все же нашелся один молодой ученый, весьма серьезно отнесшийся к затее с гравитационными линзами. Это был швейцарский астроном Фриц Цвикки (1898-1974), проработавший большую часть жизни в США, в Калифорнийском технологическом институте. В 1937 году он высказал мысль, что искривлять световые лучи может не только одна звезда, но и группа звезд. Скажем, целая Галактика или даже гигантские скопления галактик. Как раз тогда Цвикки обдумывал, как можно измерить массу скопления галактик и понял, что искривление света – подходящий индикатор для этого» (В.Сурдин, 1998).

**260) Аналогия Адриана Фоккера.** Адриан Фоккер (1914) нашел математическое уравнение, выражающее закон распределения электрических диполей в поле излучения, по аналогии с уравнением Эйнштейна (1906), описывающим поведение частицы, совершающей хаотические перемещения в процессе броуновского движения. Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «В 1914 г. А.Фоккер в работе «О средней энергии вращающегося электрического диполя в поле излучения» решает задачу, аналогичную задаче Эйнштейна в теории броуновского движения.

Он ищет закон распределения диполей, находящихся в поле излучения и совершающих хаотическое движение. При этом положение диполя также характеризуется некоторым параметром  $q$ . Фоккер показывает, что функция распределения  $W(q)$  удовлетворяет дифференциальному уравнению...» (Гельфер, 1981, с.366). «Относительно этого уравнения, - поясняет Я.М.Гельфер, - Фоккер пишет, что оно «является обобщением одной формулы Эйнштейна, примененной для другого случая...» (там же, с.366). «Таким образом, - резюмирует Я.М.Гельфер, - неожиданное переплетение получили проблемы из различных областей физики – теории броуновского движения и теории излучения. Общая статистическая природа явлений привела к тому, что их можно было описывать аналогичными дифференциальными уравнениями» (там же, с.367).

**261) Аналогия Макса фон Лауэ.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1914 год Макс фон Лауэ (1912) выдвинул идею о существовании интерференции и дифракции рентгеновских лучей по аналогии с интерференцией и дифракцией обычных световых лучей, которые были обнаружены Т.Юнгом (1801) и О.Френелем. А.Н.Вяльцев подчеркивает, что совпадение (аналогия) по порядку величины длины волны рентгеновских лучей и постоянной решетки большинства кристаллов поддало М.Лауэ мысль разработать программу опыта по наблюдению дифракции рентгеновских лучей в кристаллах (А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981).

**262) Аналогия Джона Никольсона.** Британский астрофизик Д.Никольсон (1912) выдвинул предположение о существовании дискретных уровней энергии электронов, движущихся в атоме по замкнутым орбитам, по аналогии с дискретными уровнями энергии, которые М.Планк выявил в колебаниях материального осциллятора. Д.Никольсон перенес представление М.Планка о квантовании энергии излучения с осциллятора на атомы, относительно которых Нагаока уже предложил свою планетарную модель. Нагаока представлял вращение электронов в атоме по аналогии с вращением роя мелких астероидов вокруг Сатурна, что приводит к образованию колец Сатурна. Необходимо отметить, что Д.Никольсон близко подходил к созданию квантовой модели атома, он, можно сказать, «дышал в затылок» Нильсу Бору, «наступал ему на пятки», но Никольсон не был знаком со спектроскопической формулой Бальмера, которая помогла Н.Бору понять, как электроны перескакивают с одной орбиты на другую. А.Б.Мигдал в статье «Нильс Бор и квантовая физика» (УФН, 1985, том 147, выпуск 2) пишет: «В журнале «Ежемесячные записки» Королевского астрономического общества Великобритании было напечатано несколько статей кембриджского астрофизика Дж.Никольсона, посвященных теоретической интерпретации спектрального излучения звезд [22]. Никольсон распространил идею Планка на атомы, предположив квантование момента электрона (точнее, проекции момента):  $M = nh/2\pi$ ,  $n$  – целое число. Таким образом, возник атом с дискретными орбитами, на каждой из которых вращались группы электронов» (Мигдал, 1985, с.318). Далее А.Б.Мигдал констатирует: «Планк применил квантование энергии к осциллятору, Эйнштейн – к излучению и к упругим колебаниям, Никольсон – к атому. Главная трудность была в том, чтобы решиться на отказ от равенства частоты излучения частоте обращения на орбите!» (там же, с.323).



«Чем бы ни занимался Бор, большим или малым, он мог вложить в это дело всего себя, и он мог придать ему красоту, каким бы мелким ни был вопрос и какой бы возвышенной ни была сила. Бор был неутомим в работе. Когда ему необходимо было сделать перерыв в обсуждении какого-либо рабочего вопроса, он отправлялся полоть сорняки и делал это с тем чувством, которое можно назвать свирепостью».

А.Пайс о Нильсе Боре

**263) Аналогия Нильса Бора.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1922 год Нильс Бор (1913) пришел к гипотезе, согласно которой атом излучает свет только в том случае, когда электрон, вращающийся вокруг ядра атома, совершает квантовый скачок (перепрыгивает) с внутренней орбиты на внешнюю, руководствуясь несколькими аналогиями. Во-первых, эта гипотеза опиралась на аналогию с фундаментальным правилом Ритца-Ридберга и формулой Бальмера. Суть этого правила в том, что частоту любой спектральной линии некоторого химического элемента можно выразить в виде разности двух членов или «спектральных термов», каждый из которых характеризуется целым числом. Н.Бор узнал об этом правиле, читая книгу И.Штарка «Принципы атомной динамики». М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) пишет о Нильсе Боре: «Когда Хансен спросил его, как новая модель атома может объяснить закономерности, обнаруженные Ридбергом и Ритцем, Бор познакомился с предметом и быстро осознал его важность для стоящей перед ним задачи. «Как только я увидел формулу Бальмера, - часто повторял Бор, - для меня сразу все стало ясно» (Джеммер, 1985, с.86). Во-вторых, Бор по аналогии экстраполировал на атом идею планка о дискретности энергии излучения. В книге «По следам невидимок» (1985) Э.И.Дубовой отмечает: «В 1913 году идею Планка о прерывности энергетических состояний излучающих систем датский физик Н.Бор распространил на атом. До Бора считалось, что электрон вращается в атоме по орбите, и так как на него действует ускорение (центростремительное), то он непрерывно излучает энергию в виде света» (Дубовой, 1985, с.19). В качестве третьей аналогии послужили эксперименты Уиддингтона, с которыми Бор был знаком еще со времени пребывания в Кембридже. М.Джеммер пишет: «Уиддингтон показал, что в свойствах излучения, испускаемого при бомбардировке электрода катодными лучами все увеличивающейся скорости, при определенных критических скоростях происходят резкие изменения. Эта работа, по-видимому, подсказала Бору идею уровней энергии» (М.Джеммер, 1985). Укажем, что аналогия Бора включала фактор случая, поскольку он случайно встретился с Х.Хансеном именно в тот момент, когда знание идей Планка и планетарной модели атома Резерфорда необходимо было дополнить знакомством со спектроскопической формулой Бальмера. А.Б.Мигдал в статье «Нильс Бор и квантовая физика» (УФН, 1985, том 147, выпуск 2) повествует: «Событие, которое стало для Бора последним толчком, произошло в начале февраля 1913 г. По чистой случайности он встретил своего приятеля студенческих лет Ханса Хансена, специалиста по спектроскопии. Когда Бор рассказывал ему свои идеи строения вещества на основе планетарного атома с устойчивыми по неведомым причинам орбитами, Хансен спросил: «А как твоя теория объясняет спектральные формулы?» (Мигдал, 1985, с.318).

**264) Аналогия Нильса Бора.** Нильс Бор (1913) нашел математическое соотношение, которое выражает абсолютное значение энергии электрона на данной орбите через частоту его обращения на ней и которое соответствует стационарным орбитам электрона, по аналогии с математическим соотношением Макса Планка для энергии осциллятора (Б.И.Спасский, «История физики», 1977).

**265) Аналогия Нильса Бора.** Н.Бор (1913) построил теорию стационарных состояний энергии атома водорода, находящегося во внешнем возмущающем силовом поле, по аналогии с классической теорией механических возмущений, которая была разработана Лагранжем (1770) и которой давно пользовались астрономы. Например, Жозеф Леверье, применив классическую теорию возмущений, предсказал существование планеты Нептун. Именно Н.Бор одним из первых перенес астрономический метод теории возмущений в атомную физику. На основе этого метода ему удалось придать теории атома водорода, находящегося во внешнем силовом поле, особенно простую и наглядную форму. В атоме водорода мы сталкиваемся с простым случаем проблемы двух тел, поскольку у водорода имеется лишь один электрон, движущийся вокруг ядра. И так же, как в классической физике астрономам и вообще математикам не удается математически описать взаимодействие более чем двух тел, поскольку уравнения движения трех и более тел не поддаются интегрированию, в атомной физике Н.Бор не смог построить теорию стационарных состояний для атомов, имеющих более двух электронов. В книге У.И.Франкфурта и А.М.Френка «У истоков квантовой теории» (1975) приводятся слова В.Паули из его Нобелевской лекции: «...Астрономические методы вычислений возмущений оказались чрезвычайно плодотворными и в атомной физике. Их можно применять к задаче об отыскании стационарных состояний и значений энергии в этих состояниях при наличии малых возмущающих сил (например, внешних электрических или магнитных полей), если в отсутствие возмущающих сил состояния и значения энергии известны. Причина применимости теории возмущений к атомным проблемам заключается в том, что правила отыскания стационарных состояний теснейшим образом связаны со свойствами периодичности общего решения механических уравнений движения. Те же свойства периодичности выдвигают на первый план и астрономы в своих вычислениях. Так, в простейшем случае, когда общее решение допускает представление в виде тригонометрических рядов, количество квантовых чисел, характеризующих стационарные состояния, просто равно числу независимых основных частот колебаний, входящих в эти ряды. (...) С помощью подобных соображений Бору, которому мы вообще обязаны введением метода теории возмущений в атомную физику, удалось придать теории атома водорода, находящегося во внешнем силовом поле, особенно простую и наглядную форму. В атоме водорода мы сталкиваемся с простым случаем проблемы двух тел, поскольку у водорода имеется лишь один электрон, движущийся вокруг ядра» (Франкфурт, Френк, 1975).

**266) Аналогия Нильса Бора и Леона Розенфельда.** Н.Бор и Л.Розенфельд (1933) выдвинули идею о существовании соотношения неопределенности между напряженностями различных полей (электрических и магнитных полей) по аналогии с существованием соотношения неопределенности между координатой и импульсом электрона в атоме, как это показал В.Гейзенберг. Другими словами, Н.Бор и Л.Розенфельд экстраполировали принцип неопределенности Гейзенберга с электронов как элементарных частиц на электромагнитные поля. В.Ф.Вайскопф в статье «Как мы выросли вместе с теорией поля» (УФН, 1982, ноябрь) отмечает: «Весьма существенную роль сыграла работа Бора и Розенфельда (1933 г.), в которой был проанализирован ряд «мысленных экспериментов» по измерению напряженностей электромагнитного поля. Она прояснила физический смысл квантованного поля излучения. На рассмотренных примерах Бор и Розенфельд продемонстрировали, что между напряженностями различных полей (в данном случае речь шла об электрических и магнитных полях) существуют соотношения неопределенностей, подобные гейзенберговским соотношениям между координатой и импульсом» (Вайскопф, УФН, 1982, с.459).

**267) Аналогия Нильса Бора и Джона Уилера.** Н.Бор и Д.Уилер пришли к выводу о несферичности атомного ядра, что обусловлено эллиптическими орбитами движения нуклонов вокруг общего центра внутри ядра, по аналогии с несферичностью самого атома, что связано с эллиптическими орбитами электронов, которые движутся вокруг ядра. После Н.Бора и Д.Уилера к идее об этой несферичности приходили и другие ученые, в том числе

лауреат Нобелевской премии по физике за 1975 год Б.Моттelson. В Нобелевской лекции «Элементарные виды возбуждения в ядрах» (УФН, 1976, декабрь) Б.Моттelson отмечает: «Оказалось возможным связать этот вопрос с появлением вырожденных семейств периодических орбит в соответствующей классической проблеме. Нестабильности, возникающие для частично заполненных оболочек, прямо отражают геометрию этих классических орбит. Таким образом, наблюдаемые квадрупольные деформации в ядрах могут быть обусловлены наличием эллиптических орбит для движения частиц в потенциале гармонического осциллятора» (Моттelson, УФН, 1976, с.573).

**268) Аналогия Карла Шварцшильда.** Карл Шварцшильд ввел в квантовую механику метод переменных действие-угол для определения частоты движения электрона в атоме, по аналогии с астрономическим методом переменных действие-угол, которым систематически пользовались такие астрономы и математики, как Якоби, Делоне, Пуанкаре, Шарлье, Штеккель. В 19 веке великий немецкий математик Карл Якоби, решая задачу определения движения материальной точки в гравитационном поле неподвижного центрального тела, показал, что эту кеплеровскую задачу можно решить с помощью разделения переменных в уравнении Гамильтона в двух различных системах координат. В 1881 году Штеккель для систем с произвольным конечным числом степеней свободы ввел переменные действие-угол, которые оказались мощным средством определения частот периодического движения. Метод переменных действие-угол позволял получить частоты периодических движений, не прибегая к полному исследованию движения системы.

**269) Аналогия К.Шварцшильда и П.С.Эпштейна.** К.Шварцшильд и П.С.Эпштейн (1916) объяснили эффект Штарка (расщепление спектральных линий вещества под действием электрического поля) по аналогии с тем, как А.Зоммерфельд объяснил тонкую структуру водородных линий, обнаруженную при помощи спектроскопов с большой разрешающей способностью. Нильс Бор в своей Нобелевской лекции «О строении атомов» (УФН, 1923, апрель) пишет: «Теория Зоммерфельда могла объяснить не только тонкую структуру водородных линий, но также и тонкую структуру линий искрового спектра гелия, аналогичного спектру водорода; расстояние между компонентами линий в этом случае вследствие больших скоростей электронов значительно больше, чем у водорода, и могло быть измерено с большей точностью; оказалось даже возможным учесть некоторые стороны тонкой структуры рентгеновских спектров, где приходится иметь дело с разностями частот, достигающими значений, больших, чем в миллион раз, чем соответствующие разности частот компонент водородных линий. Вскоре после того, как был найден этот результат, Эпштейну и Шварцшильду (1916) одновременно удалось объяснить аналогичными соображениями детали характерных изменений, испытываемых водородными линиями в электрическом поле и открытых в 1914 году Штарком» (Н.Бор, УФН, 1923).

**270) Аналогия Арнольда Зоммерфельда.** А.Зоммерфельд (1914) пришел к выводу, что орбитой электрона, вращающегося вокруг атомного ядра, является эллипс, по аналогии с первым законом Кеплера (1609), согласно которому орбиты планет, вращающихся вокруг Солнца, являются эллиптическими. Также по аналогии с особенностями движения планет у Зоммерфельда возникла догадка о вращении орбитального эллипса электрона вокруг ядра и о вращении совокупности этих эллипсов, придающих атому сферический характер. Идеи Зоммерфельда позволили объяснить два из четырех квантовых чисел, которые описывают структуру атома. До Зоммерфельда об эллиптических орбитах электронов внутри атома заявлял Линдеман (1911). Как указывает историк физики М.Джеммер, «...Линдеман в 1911 г. использовал законы Кеплера, принимая орбиты электронов эллиптическими...» (М.Джеммер, «Эволюция понятий квантовой механики», 1985). Помимо переноса на электроны представления об эллиптических орбитах планет, Зоммерфельд перенес на них идею А.Эйнштейна о том, что с изменением скорости тела меняется и его масса. Д.Данин в книге

«Вероятностный мир» (1981) пишет о Зоммерфельде: «Он рассудил так: раз электроны подобны планетам, они движутся не по окружностям, как у Бора, а по эллипсам. И так как они летят с огромными скоростями, без теории относительности их движение описывать грешно. Два неоспоримых уточнения: одно классическое – по Кеплеру, другое неклассическое – по Эйнштейну. По Кеплеру: на эллиптически вытянутой орбите скорость электрона все время меняется не только по направлению, как это бывает в случае кругового движения, но и по величине. Вдали от ядра скорость одна, вблизи – другая. А по Эйнштейну: если величина скорости меняется, то меняется и масса электрона» (Данин, 1981, с.126).

**271) Аналогия Арнольда Зоммерфельда.** А.Зоммерфельд (1927) построил квантовую теорию металлов, воспользовавшись аналогией и экстраполировав на электроны, находящиеся в металле, статистику Ферми-Дирака. Можно сказать, что Зоммерфельд перенес в теорию металлов статистику Ферми-Дирака из квантовой механики по аналогии с тем, как Друде и Лоренц ввели в теорию металлов статистический закон Максвелла-Больцмана из молекулярно-кинетической теории. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) отмечает: «Зоммерфельд применил для описания электронного газа функцию распределения Ферми-Дирака, подобно тому, как Лоренц в свое время улучшил результаты Друде, воспользовавшись максвелловской функцией распределения. Теория Зоммерфельда находилась в хорошем соответствии с опытом, из нее следовало соотношение Видемана-Франца. Поскольку в нее в явной форме входил принцип Паули, она... ликвидировала катастрофу с теплоемкостью...» (В.Я.Френкель, 1966, с.198).

**272) Аналогия Арнольда Зоммерфельда.** Гипотеза Зоммерфельда о волновой природе рентгеновского излучения возникла по аналогии с волновой природой света. Когда Чарлз Баркла экспериментально обнаружил поляризацию рентгеновского излучения, вывод о том, что рентгеновские лучи являются волнами, подсказывался тем, что и световые колебания обладают свойством поляризации.

**273) Аналогия Оскара Клейна.** Шведский физик Оскар Клейн (1920) построил теорию статистического равновесия смеси атомов и свободных электронов, объясняющую эксперименты Д.Франка и Г.Герца по электронно-атомным столкновениям, руководствуясь аналогией. В частности, он воспользовался аналогией с работой Эйнштейна (1917), в которой была дана теория равновесия атомов в электромагнитном излучении. А.Пайс в книге «Гении науки» (2002) пишет: «В 1920 году Клейн провел некоторое время и в Копенгагене. Там он работал в сотрудничестве с Росселандом над статьей о статистическом равновесии смеси атомов и свободных электронов. Целью была теоретическая интерпретация знаменитых экспериментов Джеймса Франка и Густава Герца по электронно-атомным столкновениям, которые, как показали эти авторы, приводили к следующим процессам: более высокая энергия движения электронов → энергия возбуждения + малая энергия движения электронов. Клейн вспоминал: «Однажды, когда мы сидели в библиотеке Ларенштальта, Росселанд начал говорить об этом. Его интересовало, как там могло существовать температурное равновесие. Мне вдруг пришло в голову, как это можно сформулировать... по аналогии с эйнштейновской работой 1917 года по равновесию атомов в электромагнитном излучении. Вечером того дня Бор повел меня в театр..., и я рассказал ему об этом... Он посоветовал нам с Росселандом опубликовать совместную работу» (Пайс, 2002, с.164).

**274) Аналогия Оскара Клейна.** О.Клейн (1927) разработал теорию пятимерного пространства, в которой он попытался объединить гравитацию и электромагнетизм, по аналогии с теорией четырехмерного пространства Эйнштейна, в которой три измерения пространства были дополнены четвертым измерением – временем. А.Пайс в книге «Гении науки» (2002) цитирует О.Клейна: «Мне немедленно захотелось выяснить, можно ли по аналогии с четырехмерным формализмом Эйнштейна приспособить формализм пятимерной

римановой геометрии (соответствующей четырем пространственным измерениям плюс время) для уравнений Максвелла электромагнитного поля вместе с гравитационными уравнениями Эйнштейна. Я довольно быстро доказал это в линейном приближении, допустив наличие пяти уравнений, в соответствии с которыми электрически заряженная частица движется вдоль пятимерной геодезической» (Пайс, 2002, с.170). При построении пятимерного пространства О.Клейн мог также опираться на аналогию с исследованиями Т.Калуцы. Независимо от О.Клейна теория пятимерного пространства была построена советским физиком В.А.Фоком. Ю.Б.Румер считает, что В.А.Фок заимствовал эту концепцию у советского физика Г.А.Манделя. В статье «Оптико-механическая аналогия» (журнал «Успехи математических наук», 1953, том 8, выпуск 6 (58)) Ю.Б.Румер пишет: «Независимо от Т.Калуцы к идее пятимерного обобщения теории тяготения пришел советский физик Г.А.Мандель (1926), развивший эту идею значительно дальше Т.Калуцы. В 1926 г. в связи с открытием волновой механики появились независимо друг от друга две сходные по содержанию работы О.Клейна и В.А.Фока [5, 6], означающие значительный шаг вперед. Отметим, что Клейн заимствовал идею пятимерия у Калуцы, а В.А.Фок у Манделя. Обоим авторам удалось показать, что траектория заряженной частицы может быть строго интерпретирована как геодезическая линия нулевой длины (геометрический луч) в пятимерном пространстве Римана...» (Румер, 1953, с.62).

**275) Аналогия Габриэля Крона.** Американский физик и инженер Габриэль Крон (1934) разработал математический аппарат теории вращающихся электрических машин по аналогии с неримановой геометрией, развитой такими учеными, как Г.Вейль, О.Клейн, Т.Калуца, Ю.Б.Румер. Кстати, Ю.Б.Румер – российский ученый, который был связан дружескими отношениями с Л.Д.Ландау. Г.Крон использовал в своей теории электрических машин пятимерную геометрию (пятиоптику) О.Клейна и других ученых, развивавших данное направление исследований. Г.Крон усмотрел аналогию между абстрактными понятиями неримановой геометрии и сложным взаимодействием сил в машинах. В.Попков в статье «Всеобщая инженерная наука Габриэля Крона» (сайт Международного института А.Богданова, 2001) пишет: «В годы американской депрессии Крон вместе с женой возвращается в Байя Маре (город в Румынии – Н.Н.Б.), где продолжает изучение математики и, в частности, впервые знакомится с неримановой геометрией. Усатривая аналогию между абстрактными понятиями и сложным взаимодействием электрических, магнитных и механических сил в машинах, он пишет в 1934 году свою классическую работу «Нериманова динамика вращающихся электрических машин», которая в 1935 году была удостоена премии имени Джорджа Монтефиоре Льежского университета» (В.Поков, 2001). Примечательно, что именно Герман Вейль, сам внесший весомый вклад в теорию многомерных пространств, подсказал Г.Крону эту аналогию – использовать аппарат многомерных пространств в теории электрических машин. П.Г.Кузнецов в статье «Искусственный интеллект и разум человеческой популяции» (Международный электронный журнал «Устойчивое развитие: наука и практика», 2008, специальный выпуск) отмечает: «Для восстановления исторической истины следует отметить, что именно Г.Вейль подал Г.Крону мысль об использовании многомерных пространств для построения теоретической электротехники» (Кузнецов, 2008, с.41). Далее П.Г.Кузнецов детализирует историю возникновения аналогии (изоморфизма) Г.Крона: «Эту программу Г.Вейля – установить изоморфизм между простыми и важными понятиями геометрии и такими же простыми и важными понятиями физики – и реализовал в течение 38 лет Г.Крон, поддерживая личные контакты с Г.Вейлем, Джоном фон Нейманом, Освальдом Вебленом, Полем Ланжевенном, Банешем Хоффманом и Альбертом Эйнштейном. В процессе реализации этой программы, активно поддерживаемой друзьями из Принстона, Г.Крон обнаружил, что для более или менее адекватной геометрической картины явлений в электрических вращающихся машинах необходимо использовать нериманову геометрию и работы по общей теории гравитационного и электромагнитного поля. Адекватная геометрия

динамики вращающихся электрических машин оказалась пятиоптикой, развивавшейся в работах Г. Вейля, Калуцы и Ю.Б. Румером в Советском Союзе» (там же, с.41).

**276) Аналогия Габриэля Крона.** Г.Крон (1930-е годы) построил математическую теорию электрических сетей в результате того, что по аналогии перенес в нее тензорный анализ (тензорную методологию), который ранее применялся в других областях научного знания (например, в общей теории относительности А.Эйнштейна). Эту теорию электрических сетей Г.Крон изложил в книге «Тензорный анализ сетей», которая в русском переводе была опубликована в 1978 году. Результаты Г.Крона в этой области в течение определенного времени негативно воспринимались инженерами, которые не владели математическим аппаратом многомерных пространств. В.Попков в статье «Всеобщая инженерная наука Габриэля Крона» (сайт Международного института А.Богданова, 2001) цитирует Г.Крона: «Когда автор в начале 30-х годов выступил с единой тензорной и топологической теорией вращающихся электрических машин и через несколько лет – с тензорной и топологической теорией неподвижных электрических сетей, он столкнулся с очень неприятной неожиданностью. В большинстве технических журналов совершенно непредвиденно новые понятия, введенные автором, были решительно объявлены ненужными или ошибочными... С другой стороны, ряд сотрудников Института перспективных исследований в Принстоне (О.Веблен, Г.Вейль, Дж.фон Нейман) и несколько бывших сотрудников того института (Б.Хоффман, П.Ланжевен и др.) настойчиво советовали автору продолжать дальнейшие исследования. Даже Эйнштейн говорил автору, что он знает от своих сотрудников о его работах (поскольку последний использовал в практических задачах эйнштейнову нериманову динамику общей теории электрического и гравитационного полей)» (В.Попков, 2001). Отметим, что в дальнейшем И.И.Пасечников перенес тензорную методологию Г.Крона в теорию информационных сетей, а доктор технических наук, академик РАЕН А.Е.Петров – в экономическую теорию, где рассчитал движение потоков производственных ресурсов и денежных средств.

**277) Аналогия Альфреда Ланде.** Альфред Ланде (1919) ввел в квантовую теорию векторное описание моментов импульса электронов и атомов по аналогии с векторным описанием моментов импульса в классической механике (М.Джеммер, «Эволюция понятий квантовой механики», 1985).



«Однажды я бесцельно слонялся по красивым улицам Копенгагена, и встретившийся мне коллега дружески заметил, что я выгляжу несчастным, на что я свирепо ответил: «Как можно выглядеть счастливым, если думаешь об аномальном эффекте Зеемана?»

Вольфганг Паули о себе

**278) Аналогия Вольфганга Паули.** Гипотеза лауреата Нобелевской премии по физике за 1945 год Вольфганга Паули (1924) о существовании ядерного спина, то есть о способности атомного ядра вращаться вокруг своей оси, возникла по аналогии с осевым вращением макроскопических (классических) систем. С помощью этой гипотезы Паули пытался объяснить сверхтонкую структуру спектральных линий вещества. Хотя эту тонкую структуру следовало объяснять осевым вращением электрона, позже было доказано, что атомное ядро действительно вращается вокруг своей оси.

**279) Аналогия Вольфганга Паули.** В.Паули (1925) открыл свой знаменитый принцип запрета, согласно которому в атоме не может быть двух электронов, занимающих одно и то же место в пространстве атома, если распределять электроны по атомным оболочкам с помощью четырех квантовых чисел, руководствуясь аналогией. Паули по аналогии опирался на идею английского физика Стонера (1924) о том, что в атоме не может быть более двух электронов, двигающихся по одной и той же орбите в атоме, если описывать эти орбиты с помощью трех квантовых чисел. Когда Стонер распределял электроны по энергетическим уровням атома так, чтобы это распределение соответствовало закономерностям периодической системы элементов Менделеева, он использовал три квантовых числа, отражающих возможные формы движения электрона (вращение электрона вокруг ядра атома, прецессия его орбитального движения и т.д.). При таком распределении электронов Стонер получил схему, в которой один и тот же путь движения в атоме имели не более двух электронов. Когда же Паули стал распределять электроны по атомным уровням на основе четырех квантовых чисел, причем одно из этих чисел впоследствии было интерпретировано как движение электрона вокруг собственной оси (спин электрона), Паули получил схему, в которой одну и ту же орбиту движения в атоме имело не более одного электрона. Б.М.Кедров в книге «Мировая наука и Менделеев» (1983) пишет: «Еще в 1924 г. английский физик Стонер, опираясь на идеи Бора, высказал мысль, что в атоме не может быть более двух электронов, двигающихся по одному и тому же пути. Исходя из этого, Стонер установил схему расчленения периодической системы и соответственно ей характер распределения электронов внутри атомной оболочки. Вскоре после этого в 1925 г. Уленбек и Гоудсмит высказали гипотезу о собственном вращении электрона или о «спине». Идея Стонера получила теперь физическую интерпретацию. Вслед за тем швейцарский физик В.Паули уточнил правило Стонера и высказал «принцип однозначности» (1925), выводя его непосредственно из анализа периодической системы» (Кедров, 1983, с.163). В.Паули действовал также по аналогии с исследованиями Нильса Бора, который близко подходил к формулировке принципа запрета. А.Б.Мигдал в статье «Нильс Бор и квантовая физика» (УФН, 1985, том 147, выпуск 2) пишет: «При обсуждении таблицы Менделеева Бор ввел предположение, предвосхитившее принцип запрета Паули (Паули, 1925-1926). Ему пришлось допустить, что замкнутые конфигурации энергетически выгоднее и после заполнения оболочки электроны занимают только более высокие орбиты. Эта гипотеза, несомненно, помогла Паули прийти к его принципу запрета» (Мигдал, 1985, с.323).

**280) Аналогия Вольфганга Паули.** В.Паули (1926) получил в квантовой механике результаты, позволившие завершить процесс ее построения, когда по аналогии перенес в нее интеграл движения в кулоновом поле (вектор Лапласа-Рунге-Ленца), существовавший в классической механике и электродинамике. В.В.Белокуров, О.Д.Тимофеевская и О.А.Хрусталеv в книге «Квантовая телепортация – обыкновенное чудо» (2000) пишут: «Прежде всего, Паули вновь подтвердил свою феноменальную эрудицию. Он воспользовался существованием не слишком хорошо известного интеграла движения в кулоновом поле (в наше время его называют вектором Лапласа-Рунге-Ленца), определил его квантовый аналог и выразил гамильтониан системы в терминах суммы квадратов этого вектора и вектора момента импульса. После этого вычисление гамильтоновой матрицы не представляло труда. Столь же просто была решена задача о поведении атома водорода во внешних полях» (В.В.Белокуров, О.Д.Тимофеевская и О.А.Хрусталеv, 2003). «После работ Паули, - указывают те же авторы, - создание новой квантовой механики можно было считать завершенным» (В.В.Белокуров, О.Д.Тимофеевская и О.А.Хрусталеv, 2003). В статье «Вектор Лапласа-Рунге-Ленца» (электронная энциклопедия «Википедия») указывается: «В классической механике вектором Лапласа-Рунге-Ленца называется вектор, в основном используемый для описания формы и ориентации орбиты, по которой одно небесное тело обращается вокруг другого (например, орбиты, по которой планета вращается вокруг звезды). В случае с двумя телами, взаимодействие которых описывается законом всемирного тяготения Ньютона, вектор

Лапласа-Рунге-Ленца сохраняется при гравитационном взаимодействии двух тел» («Википедия»). В той же статье подчеркивается: «В 1926 году этот вектор использовал Вольфганг Паули, чтобы вывести спектр атома водорода, используя современную матричную квантовую механику, а не уравнение Шредингера. После публикации Паули вектор стал главным образом известен как вектор Рунге-Ленца» («Википедия»).

**281) Аналогия Вольфганга Паули.** В.Паули (1927) получил ряд важных результатов в теории парамагнетизма, когда по аналогии перенес в нее статистику Ферми-Дирака. Напомним, что до него Поль Ланжевен расширил арсенал идей теории парамагнетизма, когда по аналогии перенес в нее статистику Больцмана, использованную самим Больцманом в молекулярно-кинетической теории. Джон Ван-Флек в своей Нобелевской лекции «Квантовая механика – ключ к пониманию магнетизма» (УФН, 1979, том 127, выпуск 1) пишет: «Паули [16] показал, что спиновый момент электронов проводимости приводит только к малой парамагнитной восприимчивости, практически не зависящей от температуры. Эта статья была примечательной, поскольку в ней статистика Ферми-Дирака впервые применялась к твердому телу. Если бы использовалась статистика Больцмана, то получилась бы большая восприимчивость, подчиняющаяся закону Кюри» (Ван-Флек, 1979, с.9). Еще один пример продуктивности статистики Ферми-Дирака – аналогия Ральфа Фаулера. Позже мы покажем, что Р.Фаулер (1926) дал правильное объяснение малых размеров, высокой плотности вещества и высокой поверхностной светимости звезд типа белых карликов, когда по аналогии перенес в область строения белых карликов статистику Ферми-Дирака (1926) и содержащееся в ней понятие вырожденного электронного газа. В.В.Иванов в статье «Белые карлики» (сайт «Астронет», 2002) пишет: «В 1926 г. появилась квантовая статистика и понятие вырожденного газа. Это дало ключ к пониманию природы белых карликов. Потребовалось всего несколько месяцев, чтобы Р.Фаулер (Англия) применил эти новые идеи к белым карликам и, казалось, окончательно решил проблему» (В.В.Иванов, 2002).

**282) Аналогия С.Гоудсмита и Г.Уленбека.** С.Гоудсмит и Г.Уленбек (1924) сформулировали гипотезу о существовании спина электрона (его способности вращаться вокруг собственной оси) по аналогии с осевым вращением планет (Ф.Гернек, «Пионеры атомного века», 1974). Правомерность такой аналогии подсказывалась принципом соответствия Н.Бора, согласно которому можно распространять на атом классические макроскопические явления и процессы. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988) указывает: «Вскоре после того, как В.Паули дал первые формулировки своего принципа, физики Уленбек и Гоудсмит выдвинули гипотезу о существовании у электронов внутреннего свойства, аналогичного собственному моменту импульса у макроскопических тел. Это свойство они назвали спином» (Готт, 1988, с.255). Кроме того, гипотеза Гоудсмита и Уленбека о вращении электрона вокруг собственной оси по аналогии подсказывалась идеей В.Паули о вращении ядра атома вокруг собственной оси. У.И.Франкфурт и А.М.Френк в книге «У истоков квантовой теории» (1975) приводят высказывания В.Паули из его Нобелевской лекции: «В 1924 г., еще до открытия спина электрона, я предложил для объяснения сверхтонкой структуры спектральных линий гипотезу ядерного спина. Это предположение, с одной стороны, встретило серьезные возражения, но, с другой стороны, оно помогло Гоудсмиту и Уленбеку при открытии спина электрона» (Франкфурт, Френк, 1975). Независимо от Уленбека и Гоудсмита похожая идея высказывалась физиками А.Комптоном, де Гаазом, Р.Кронигом, Крамерсом.



«Де Бройль прочно вошел в историю физики, прежде всего, благодаря тому, что, восприняв идею Эйнштейна о двойственной природе света, он распространил ее на вещество, предсказав, что поток материальных (вещественных) частиц должен одновременно обладать волновыми свойствами, однозначно связанными с массой и энергией частиц...».

С.Г.Суворов о Луи де Бройле

**283) Аналогия Луи де Бройля.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1929 год Луи де Бройль (1924) построил теорию о корпускулярно-волновой природе вещества и о существовании волн материи по аналогии с корпускулярно-волновым дуализмом света. В данной теории дифракция электронов была предсказана де Бройлем по аналогии с дифракцией световых лучей (Ф.Гернек, «Пионеры атомного века», 1974). Кроме того, теория де Бройля подсказывалась следующими рассуждениями: в квантовой модели атома Н.Бора энергия электрона на всех уровнях определяется целыми числами. Но ведь и в физических задачах на колебания, при описании стоячих волн, в явлениях интерференции мы тоже имеем дело с целыми числами. Следовательно, не только свет обладает волновыми свойствами, но и электрон в атоме. Намек на теорию де Бройля содержался также в сходстве (аналогии) общих уравнений механики, полученных Гамильтоном для движения материальной частицы, и современных уравнений волной оптики. А.Н.Вяльцев пишет о де Бройле: «Признавшие сложную природу света могли еще рассматривать ее как особенность света, как некую аномалию. Миссия де Бройля заключалась в обобщении этой аномалии, в провозглашении ее общим свойством материи» (А.Н.Вяльцев, «Открытие элементарных частиц», 1981). Луи де Бройль также отталкивался от утверждения Эйнштейна (1909) о том, что извечный конфликт двух теорий света (корпускулярной и волновой) должен завершиться их компромиссом, мирным соглашением. В книге О.Мороз «Свет озарений» (1980) цитируются слова Эйнштейна: «...Я считаю, - писал Эйнштейн, - что следующая фаза развития теоретической физики даст нам теорию света, которая будет в каком-то смысле слиянием волновой теории ... с теорией истечения» (О.Мороз, 1980). Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) указывает: «Как вспоминал сам де Бройль, его исследования в области физики рентгеновского излучения и аналогия между математическим аппаратом механики и волновой теории убедили его в необходимости создания такой теории излучения, в которой органически сочетались бы ее «волновой и фотонный аспекты». Большое влияние на такой ход мыслей оказали также работы Эйнштейна о квантах света» (Гельфер, 1981, с.500).



«На каждом существенно новом этапе познания нам всегда следует подражать Колумбу, который отважился оставить известный ему мир в почти безумной надежде найти землю за морем».

Вернер Гейзенберг

**284) Аналогия Вернера Гейзенберга и Генрика (Хендрика) Крамерса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1932 год Вернер Гейзенберг и Генрик Крамерс (1924) построили квантовую теорию дисперсии, в которой нашли правильную формулу рассеяния света, по аналогии с классической теорией дисперсии Г.Лоренца. Л.Аллен и Дж.Эберли в

книге «Оптический резонанс и двухуровневые атомы» (1978) пишут: «Итак, во всех случаях, когда атом практически не возбужден, он должен вести себя классически, подобно осциллятору Лоренца. Это объясняет, почему квантовомеханическая дисперсионная формула Крамерса-Гейзенберга выглядит в точности, как дисперсионная формула Лоренца. Оптическая дисперсионная формула Крамерса-Гейзенберга найдена с помощью теории возмущения...» (Аллен, Эберли, 1978, с.54). Об этом же пишет сам В.Гейзенберг в книге «Физика и философия. Часть и целое» (1989). Вспоминая события 1924-1925 годов, он замечает: «В последовавший затем зимний семестр, когда я снова приехал на время поработать в Копенгаген, пытаюсь развить намеченную Крамерсом теорию так называемых дисперсионных явлений, наши усилия были сосредоточены не столько на том, чтобы вывести верные математические соотношения, сколько на том, чтобы угадать их, исходя из предполагаемой аналогии с формулами классической теории» (В.Гейзенберг, 1989).

**285) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг (1925) разработал теоретическую схему, названную матричной механикой, которая позволяла с помощью совершенно новых для физики математических выкладок вычислять величины, непосредственно измеряемые в экспериментах, руководствуясь аналогией. Примечательно, что лауреат Нобелевской премии С.Вайнберг в книге «Мечты об окончательной теории» (2004) признается, что он долго пытался понять, как Гейзенберг пришел к идее матричной механики, но так и не разгадал суть мыслительных процедур, использованных Гейзенбергом. Мы считаем, что ключевую роль здесь сыграла такая мыслительная процедура, как аналогия. Гейзенберг создал математический аппарат (матричное исчисление), определяющий частоты и амплитуды движения электронов в атоме, по аналогии с тем, как в классической теории излучения совокупность колебаний системы выражается в виде совокупности членов ряда Фурье. В книге «Принцип соответствия» (1979) историк науки И.В.Кузнецов пишет: «Предпринимая в 1925 г. попытку построить новую механику атома, Гейзенберг исходил из принципа соответствия, установившего внутреннее родство квантовой и классической теорий, в силу чего классическая теория могла служить известным образцом для построения квантовой теории. Гейзенберг принял, что тождественность частот и амплитуд внутриатомного движения и излучения атома, требуемая классической теорией, должна сохраниться и в новой теории, в противоположность боровской теории, оторвавшей их друг от друга. Таким образом, он предположил, что частоты и амплитуды (интенсивности) спектральных линий, наблюдаемые на опыте, и есть вместе с тем частоты и амплитуды самого внутриатомного движения. Задача теории, по Гейзенбергу, состояла теперь в том, чтобы развить математический аппарат, в котором квантовые частоты и амплитуды стояли бы к законам внутриатомного движения в таком же отношении, в каком стоят к классическому движению классические частоты и амплитуды. Надежду на возможность осуществления этого внушала подмеченная еще в боровской теории аналогия между условием частот Бора (второй постулат Бора) и классическим каноническим уравнением Гамильтона, определяющим частоту периодического движения системы в виде производной энергии системы (функции Гамильтона) по так называемым переменным действиям. Формально оба эти закона отличались друг от друга только тем, что в условии частот Бора вместо дифференциалов стояли конечные разности тех же величин, что и в уравнении Гамильтона. Эту аналогию Гейзенберг провел дальше. Он принял, что квантовое внутриатомное движение, подобно классическому, может быть представлено в виде совокупности колебаний, аналогичных совокупности членов ряда Фурье, но отличающейся от последней значительно большим многообразием. Эти специфические совокупности колебаний, появившиеся в атомной физике, представляли собой известные в математике матрицы. Так родилась идея Гейзенберга о представлении физических величин – координат, импульсов, энергии и т.д. – матрицами. Придав физическим величинам форму матриц, Гейзенберг связал их соотношениями, построенными по образцу законов классической механики. Даже знаменитое гейзенберговское соотношение некоммутативности координаты и импульса, наиболее

наглядно и разительно отличающее новую механику от старой, было не чем иным, как аналогом скобок Пуассона в классической механике» (Кузнецов, 1979, с.11). В той же книге «Принцип соответствия» (1979) известный физик Ю.Б.Румер описывает историю открытия Гейзенберга аналогичным образом: «Основная идея Гейзенберга, базирующаяся на принципе соответствия, может быть сформулирована следующим образом. Подобно тому, как в классической физике амплитуды и частоты внутриатомного движения совпадают с амплитудами и частотами излучения, амплитуды и частоты излучения в квантовой механике (матричной) являются единственно существующими (наблюдаемыми) характеристиками внутриатомных движений. Все физические величины в новой теории представляются схемами (матрицами). Исходя из этого, Гейзенберг получил правила математических операций со схемами вида (16), оказавшиеся, естественно, тождественными соответствующим правилам матричного исчисления» («Принцип соответствия», 1979, с.149). Первоначально Гейзенберг не знал, что его матрицы – аналог матричного исчисления, изобретенное Сильвестром, Кэли и Коши. Он также не знал, что в его матричных таблицах действует закон некоммутативности. В своих воспоминаниях он писал: «Позднее исследования Борна, Иордана и Дирака показали, что матрицы, представляющие координаты и импульс электрона, не коммутируют друг с другом» (Гейзенберг, 2004, с.81).

**286) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг (1927) открыл соотношение неопределенностей, согласно которому невозможно одновременно точно измерить координату и импульс частицы в атоме, следующим образом. Ученый размышлял над тем, может ли математическая теория описывать, помимо совокупности частот колебаний и амплитуд, определяющих интенсивность линий спектра, еще и орбиты электронов в атоме, которые ненаблюдаемы. В конце концов, он пришел к заключению, что теория не может и не должна это делать. Эта гениальная мысль Гейзенберга основывалась на трех аналогиях. Во-первых, на аналогии с теорией относительности Эйнштейна, в которой утверждается, что нельзя говорить об абсолютном времени, так как это время нельзя наблюдать. В сборнике «Альберт Эйнштейн. Мир и физика» (составитель – А.Л.Самсонов, 2003) констатируется, что перед публикацией своей статьи с изложением соотношения неопределенности Гейзенберг сказал Эйнштейну в частном разговоре: «Вы ведь подчеркивали, что нельзя говорить об абсолютном времени, потому что это абсолютное время невозможно наблюдать» (сборник, 2003, с.186). Во-вторых, как пишет Н.Ф.Овчинников в книге «Методологические принципы в истории научной мысли» (1997), Гейзенберг воспользовался аналогией с принципом дополненности Н.Бора, который подчеркивает необходимость объединения дискретного и непрерывного в квантовом описании. В силу принципа дополненности, чем больше мы приближаемся к условиям фиксации волновых свойств материи, тем менее мы способны зафиксировать ее корпускулярные свойства, и противоположные свойства материи оказываются дополнительными по отношению друг к другу. Гейзенберг по аналогии решил, что чем точнее мы определяем координату частицы, тем менее точно мы определим ее импульс, так что положение и скорость частицы оказываются взаимно дополнительными. «...Именно боровская идея дополненности, которой он, Гейзенберг, в течение многих недель зимы 1926-1927 гг., проникался, выслушивая ее и не соглашаясь с ней, - пишет Н.Ф.Овчинников, - привела его к открытию соотношений неопределенностей» (Овчинников, 1997, с.122). Наконец, в-третьих, Гейзенберг основывался на аналогии с вероятностной интерпретацией волновой функции М.Борна, который заявил, что квадрат волновой функции выражает вероятность того, что соответствующая частица находится именно в данной точке пространства. М.Борн установил, что квантовая механика дает лишь вероятностное описание положения частицы.

**287) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг дал набросок теории многоэлектронных систем, в которой объяснил взаимодействие атомов и электронов квантовым резонансом, по аналогии с классической моделью двух связанных и настроенных в резонанс гармонических

осцилляторов. В.Гейзенберг разработал теорию многоэлектронных систем на примере атома гелия. М.А.Ковнер в статье «Квантово-механический резонанс и обменные силы в трудах Гейзенберга» (электронный сборник «Исследования по истории физики и механики в 2000-2005 годах», 2005) указывает: «В своих статьях и книгах Гейзенберг формулирует и решает задачу создания квантово-механической теории многоэлектронных систем. Для этой цели Гейзенберг пользуется известной в классической механике моделью двух связанных и настроенных в резонанс гармонических осцилляторов. По аналогии с ними Гейзенберг рассматривает атом гелия, в котором происходит обмен местами двух электронов. Энергия атома выражается через интеграл, называемый обменным» (Ковнер, 2005, с.66). Если читателю интересно знать, откуда лауреат Нобелевской премии по химии за 1954 год Лайнус Полинг взял свою концепцию резонанса, с помощью которой он объяснял поведение молекул в химических реакциях, то следует заметить: именно из этих исследований В.Гейзенберга по теории атома гелия. Л.Полинг перенес идею квантово-механического резонанса Гейзенберга из физики в химическую науку.

**288) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг объяснил параллельную ориентацию спинов в доменах ферромагнетиков квантово-механическим резонансом по аналогии с тем, как Гайтлер и Лондон (1927) объяснили валентность (притяжение) атомов водорода в составе молекулы на основе электронного резонанса. Гайтлер и Лондон постулировали, что два атома водорода притягиваются друг к другу за счет того, что электроны их внешних оболочек имеют противоположно направленные спины, то есть вращаются вокруг своей оси в разные стороны. Гейзенберг по аналогии решил, что ферромагнетизм обусловлен таким же спин-орбитальным взаимодействием. Кроме работ Гайтлера и Лондона, Гейзенберг по аналогии опирался также на свою собственную теорию атома гелия, в которой он объяснил взаимодействие ядра и электронов квантово-механическим резонансом. Историк физики М.А.Ковнер в сборнике «Исследования по истории физики и механики» (2002) пишет о той статье, в которой Гейзенберг строит теорию ферромагнетизма: «Статья начинается с утверждения, что «молекулярные силы Вейсса сводятся к квантово-механическому явлению обмена, а именно, к тем обменным процессам, которые в последнее время Гайтлер и Лондон успешно привлекли для объяснения гомеоплярных валентных сил». Таким образом, Гейзенберг высоко оценил работу Гайтлера и Лондона и сделал ее отправным пунктом своей теории ферромагнетизма» (Ковнер, 2002, с.147). М.А.Ковнер в статье «Квантово-механический резонанс и обменные силы в трудах Гейзенберга» (электронный сборник «Исследования по истории физики и механики в 2000-2005 годах», 2005) говорит о том, что сделал Гейзенберг после построения своей теории атома гелия: «В дальнейшем Гейзенберг перешел от свободных атомов к ферромагнетикам и объяснил на основе той же модели квантово-механического резонанса и обменных сил параллельную ориентацию спиновых магнетиков в доменах» (Ковнер, 2005, с.67). С теорией ферромагнетизма Гейзенберга были хорошо знакомы ученые, которые сами внесли весомый вклад в ее развитие и обоснование: Я.Г.Дорфман, Я.И.Френкель, С.В.Вонсовский. «Как указывают в своих работах по ферромагнетизму Я.Г.Дорфман, Я.И.Френкель, С.В.Вонсовский, - поясняет М.А.Ковнер, - работа Гейзенберга основана на теории Гайтлера и Лондона» (Ковнер, 2002, с.148).

**289) Аналогия Вернера Гейзенберга.** Догадка В.Гейзенберга о существовании обменных сил, объясняющих взаимодействие нейтронов и протонов в атоме, основывалась на следующей аналогии. Р.Пайерлс в статье «Построение физических моделей» (УФН, 1983, июнь) отмечает: «Еще одна очень поучительная история использования аналогий связана с первой статьей В.Гейзенберга о природе ядерных сил. Это произошло вскоре после открытия нейтрона, и хотя сам В.Гейзенберг понимал, что можно описывать ядра состоящими из нейтронов и протонов, он не мог все же избавиться от мысли, что нейтрон должен, в конечном счете, состоять из протона и электрона. При этом возникала аналогия между взаимодействием в системе нейтрон-протон и взаимодействием атома водорода с протоном.

Эта-то аналогия и привела его к заключению, что должны существовать обменные силы взаимодействия между нейтроном и протоном, возникающие при обмене зарядом, которые аналогичны обменным силам в системе Н-Н, обусловленным переходом электрона между двумя протонами» (Пайерлс, УФН, 1983, с.330). Об этом же говорит известный советский физик Д.Д.Иваненко. Г.А.Сарданашвили в электронном очерке «Дмитрий Иваненко – великий физик-теоретик XX века» (Москва, 2009) цитирует Д.Д.Иваненко: «Как Гейзенберг писал позже, ему значительно труднее было решить вопрос о полном «изгнании» электронов из ядра, когда он был вынужден отбросить, в конце концов (очевидно, и под влиянием ряда аргументов других ученых) свое промежуточное предположение о наличии электронов внутри нейтрона. Как известно, это ошибочное предположение привело все же Гейзенберга к правильному допущению наличия обменных сил между нуклонами по аналогии с теорией молекулы водорода (где силы реализуются «перебросами» реальных электронов)» (Сарданашвили, 2009, с.23).

**290) Аналогия Вернера Гейзенберга.** Гейзенберг (1932) пришел к мысли о возможности рассмотрения протона и нейтрона как различных состояний одной и той же частицы, основываясь на обнаружении аналогии (сходства) между протоном и нейтроном: данные частицы имеют почти одинаковую массу и одинаковые спины, которые как бы не зависят от различия их зарядов. Тем самым Гейзенберг близко подошел к формулировке закона сохранения изотопического спина В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1989) указывает: «Одним из важных законов сохранения, отражающим свойства симметрии материального объекта, является закон сохранения изотопического спина. Нейтрон и протон являются частицами, очень похожими друг на друга: малая разница в массах, равенство спинов наталкивают на мысль о возможности рассмотрения их как различных состояний одной частицы. Почти сразу после открытия нейтрона и предложения Д.Д.Иваненко протон-нейтронной модели ядра Гейзенберг ввел новую степень свободы для описания нейтрона и протона – зарядовую переменную, принимающую два значения...» (Готт, 1989, с.210). Об этой же аналогии Гейзенберга пишет А.Потупа в книге «Бег за бесконечностью» (1977): «Еще в 1932 году В.Гейзенберг обратил внимание на поразительную схожесть двух фундаментальных составляющих ядерной структуры – протона и нейтрона. Их массы отличались всего на десятую долю процента. И у него возникало, естественно, подозрение: если протон был бы вообще лишен электрического заряда, то не превратился ли бы он в самый настоящий нейтрон? И тогда В.Гейзенберг выдвинул интересную идею: протон и нейтрон представляют собой различные состояния одной частицы - нуклона» (А.Потупа, 1977). «Анализируя близость свойств протона и нейтрона, - продолжает А.Потупа, - В.Гейзенберг высказал идею, что эти частицы должны участвовать в сильных взаимодействиях совершенно симметричным образом, как бы забывая о том, что у одной из них есть электрический заряд, а у другой нет. Впоследствии эта идея была распространена и на все другие адроны и получила название изотопической симметрии» (А.Потупа, 1977).

**291) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг (1948, 1952) построил предварительный вариант гидродинамической теории множественного рождения частиц при столкновениях, когда по аналогии перенес в физику элементарных частиц представления и математический аппарат гидродинамики. Позже эту теорию усовершенствовал Ландау, решив, что в теорию элементарных частиц нужно переносить не просто гидродинамику, а релятивистскую гидродинамику. В.В.Белокуров, О.Д.Тимофеевская и О.А.Хрусталев в книге «Квантовая телепортация – обыкновенное чудо» (2000) пишут о том, что Гейзенберг еще в юности изучал гидродинамику, что облегчало указанный перенос. «Спустя три с небольшим года, - отмечают авторы названной книги, перечисляя наиболее важные научные достижения Гейзенберга, - заполнивший пробелы в знакомстве с оптическими приборами Гейзенберг придумал свой знаменитый мысленный эксперимент с «микроскопом Гейзенберга», утвердивший в физике новое мировоззрение. Впрочем, приятные события приводили к тем

же последствиям: спустя двадцать лет более удачные юношеские занятия гидродинамикой были применены к физике элементарных частиц – Гейзенберг построил гидродинамическую теорию множественного рождения» (В.В.Белокуров, О.Д.Тимофеевская и О.А.Хрусталева, 2000). Об этой же аналогии Гейзенберга пишут И.Л.Розенталь и А.М.Снегирев в статье «Гидродинамическая интерпретация взаимодействия частиц высоких энергий и космических  $\gamma$ -всплесков» (журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра», 2003, т.34, вып.1): «По существу, в своей модели Гейзенберг впервые ввел для описания микроскопических процессов методы макроскопической физики – гидродинамику. И хотя (как это будет показано далее) когерентная теория множественных процессов, предложенная Гейзенбергом, не согласуется с экспериментом, идея о связи между микро- и макроскопическими явлениями имеет глубокий смысл» (И.Л.Розенталь и А.М.Снегирев, 2003).

**292) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг (1943) ввел в физику S-матрицу (матрицу рассеяния), представляющую собой оператор, переводящий состояние системы до рассеяния в состояние системы после рассеяния, когда применил в квантовой теории принцип наблюдаемости (принцип измеримости на опыте) по аналогии с использованием данного принципа при формулировке соотношения неопределенностей. Я.А.Сморodinский в статье «Наследие Вернера Гейзенберга» (УФН, 1992, январь) указывает: «В годы войны, находясь практически в изоляции, Гейзенберг возвращается к своей старой идее, которая привела его к матричной механике. Идея состояла в том, что теория должна иметь дело с величинами, максимально приближающимися к измеримым на опыте. Трудности в теории поля (расходимости интегралов) Гейзенберг пытался связать со слишком детальным описанием физических процессов с помощью волнового уравнения. Развивая такую идею, Гейзенберг ввел новый объект – S-матрицу, которая описывает переход от начального состояния к конечному, опуская «историю» этого перехода» (Сморodinский, УФН, 1992, с.144). Помимо принципа наблюдаемости, В.Гейзенберг использовал в теории S-матрицы принцип релятивистской инвариантности, заимствованный из теории относительности А.Эйнштейна. Н.Ф.Овчинников в книге «Методологические принципы в истории научной мысли» (1997) подчеркивает: «Принцип наблюдаемости, положенный в основании теории S-матрицы, дополняется принципом релятивистской инвариантности, то есть требованием теории относительности независимости законов и предсказаний теории от выбранной системы координат» (Овчинников, 1997, с.266).

**293) Аналогия Вернера Гейзенберга.** В.Гейзенберг выдвинул гипотезу о важной роли механизма спонтанного нарушения симметрии в теории элементарных частиц, по аналогии с широким использованием данного механизма в теории ферромагнетизма и сверхпроводимости. Д.А.Киржниц в статье «Сверхпроводимость и элементарные частицы» (УФН, 1978, май) подчеркивает: «Гейзенберг прекрасно понимал, что немислимо придумать сколько-нибудь простое фундаментальное уравнение, которое бы автоматически обнаруживало разную степень симметрии во взаимодействии квазичастиц различного типа. Но недаром Гейзенберг был автором теории ферромагнетизма и делал (правда, неудачные) попытки создать теорию сверхпроводимости. Именно эти теории и подсказали ему выход из положения, который состоял в привлечении идеи о спонтанном нарушении симметрии, уже давно разрабатывавшейся в тех разделах теории многих тел, где изучаются упорядоченные состояния, фазовые переходы и т.п.» (Киржниц, УФН, 1978, с.173).

**294) Аналогия Вернера Гейзенберга.** Гейзенберг сформулировал идею о том, что, помимо двух известных универсальных постоянных: планковского кванта действия и значения скорости света, должна существовать третья универсальная (мировая) константа – универсальная длина порядка длины, примерно сравнимой с радиусами легких атомных ядер, руководствуясь аналогией. В частности, он действовал по аналогии с классическим набором единиц, содержащим три единицы меры – единицу длины, времени и массы (сантиметр,

секунда и грамм). Гейзенберг считал, что введение третьей универсальной константы – универсальной длины – позволит объединить квантовую теорию и теорию относительности Эйнштейна, а также поможет определить массу новых элементарных частиц. В книге «У истоков квантовой теории» (2004) Гейзенберг пишет: «...Должна быть еще третья универсальная постоянная природы. Это следует просто, как говорят физики, из соображений размерности. Универсальные постоянные определяют величины масштабов в природе, они дают нам характерные величины, к которым можно свести все другие величины в природе. Для полного набора таких единиц необходимы, однако, три основные единицы. Проще всего заключить об этом из обычных соглашений о единицах, как, например, из использования физиками системы CGS (сантиметр – грамм - секунда). Единицы длины, единицы времени и единицы массы вместе достаточно, чтобы образовать полную систему. Необходимы по меньшей мере три основные единицы. Их можно было бы заменить также единицами длины, скорости и массы или единицами длины, скорости и энергии и т.д. (...) Скорость света и планковский квант действия дают нам, однако, только две из этих величин. Должна быть еще третья, и только теория, содержащая такую третью единицу, возможно, способна вести к определению масс и других свойств элементарных частиц» (Гейзенберг, 2004, с.178).

**295) Аналогия Вернера Гейзенберга.** Идея В.Гейзенберга (1958) о том, что искомый современной физикой универсальный закон природы должен состоять в описании небольшого числа фундаментальных свойств симметрии, определяющих спектр возможных элементарных частиц, имела следующие послышки. Данная идея по аналогии подсказывалась тем, что ученые открывали в квантовой теории и теории относительности все новые и новые виды симметрии. В частности, была открыта симметричная группа преобразований Лоренца, присутствующая в специальной теории относительности, симметричная группа, исследованная Паули и Гюрши, соответствующая по своей структуре группе трехмерных пространственных вращений и проявляющая себя в виде квантового числа, названного «изоспином». Также были открыты две симметричные группы, ведущие себя формально, как группы вращений вокруг жесткой оси, приводящие к законам сохранения для заряда, для числа барионов и для числа лептонов. Это намекало на то, что ключом к пониманию природы взаимодействий частиц и к построению единой теории поля должен быть набор абстрактных симметрий (В.Гейзенберг, «У истоков квантовой теории», 2004).



«К современной теории атома я приближался очень медленно. Ее внутренние противоречия звучат как пронзительные диссонансы по сравнению с чистой, неумолимо ясной последовательностью мысли Больцмана... Было время, когда я прямо-таки готов был обратиться в бегство, однако, побуждаемый Экснером и Кольраушем, нашел спасение в учении о свете!»

Эрвин Шредингер о себе

**296) Аналогия Эрвина Шредингера.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1933 год Эрвин Шредингер (1926) вывел свое волновое уравнение, дающее математическое описание материи в терминах волновой функции и заложившее основы волновой механики, по аналогии с уравнением Луи де Бройля (1924), описывающим волновые свойства материи. И.Пригожин в книге «От существующего к возникающему» (2002) пишет: «Формулируя новое уравнение, Шредингер руководствовался аналогией с классической оптикой: собственные значения соответствуют характеристическим частотам волновых явлений – аналогов квантовых процессов. Уравнение Шредингера – это волновое уравнение, записанное для основной динамической величины - гамильтониана» (И.Пригожин, 2002, с.69). С.Вайнберг в работе «Мечты об окончательной теории» (2004) указывает: «С математической точки зрения уравнение Шредингера относится к тому же типу уравнений,

которые использовались еще в 19 веке для изучения звуковых или световых волн» (Вайнберг, 2004, с.58). Роль аналогии в формулировке волнового уравнения Шредингера и, соответственно, в создании волновой механики подчеркивают многие историки и методологи науки. И.В.Кузнецов в книге «Принцип соответствия» (1979) отмечает: «Еще со времен Гамильтона была известна аналогия между оптикой и механикой, точнее, между оптикой геометрической и механикой классической. Основываясь на этой аналогии, де Бройль в 1924 г. высказал глубокую идею о связи механического движения частиц классической механики с распространением волн. Эта идея дала Шредингеру основание продолжить оптико-механическую аналогию дальше и искать такое обобщение классической механики, которое соответствовало бы переходу от геометрической оптики к оптике волновой» («Принцип соответствия», 1979, с.13). «Шредингеру, - поясняет И.В.Кузнецов, - удалось найти уравнение, являющееся аналогом основного уравнения волновой оптики и дающее закон движения атомных частиц. Оно было названо уравнением Шредингера и выражало основной динамический закон волновой механики» (там же, с.13). В той же книге «Принцип соответствия» И.В.Илларионов подчеркивает: «Волновая форма квантовой механики возникла на основе обобщения гипотезы де Бройля об ассоциированных с микрообъектами волнах. Исходными положениями исследований Шредингера были классическое волновое уравнение и оптико-механическая аналогия классической механики, согласно которой распространение «лучей» света и механических частиц описывается в рамках единого метода Гамильтона-Якоби» («Принцип соответствия», 1979, с.131). Волновое уравнение Шредингера могли открыть М.Борн и В.Гейзенберг. В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) отмечает: «К открытию волнового уравнения близки были Борн и Гейзенберг. При построении матричной квантовой механики у них возникли сложности, и они обратились к Гильберту. Он им сказал, что у него аналогичные матрицы получаются при решении дифференциальных уравнений, и посоветовал поискать уравнение, которому соответствуют получающиеся у них матрицы. Борн и Гейзенберг решили, что это пустая идея. Через несколько месяцев Шредингер вывел свое знаменитое уравнение. Это дало повод Гильберту заявить, что если бы его послушали, то уравнение было бы выведено, по меньшей мере, на полгода раньше» (Панов, 2006, с.613).



«Дирак был героем моей молодости. Он произвел переворот, показал новый метод получать физические результаты. Дирак рискнул – он просто угадал, как выглядит то уравнение, которое мы теперь называем уравнением Дирака, а потом уж попытался его проинтерпретировать».

Ричард Фейнман

**297) Аналогия Поля Дирака.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1933 год Поль Дирак (1928) вывел релятивистское уравнение электрона, в котором энергия частицы может принимать два зарядовых значения: положительное и отрицательное, по аналогии с формулой Эйнштейна, выражающей зависимость энергии движущейся частицы от массы, скорости света и импульса частицы. Это уравнение, или общая формула для частицы, находящейся в движении, присутствует в специальной теории относительности Эйнштейна. П.Дирак пришел к выводу о том, что положительные значения электрона, допускаемые этим уравнением, представляют собой дырки в море заполненных состояний энергии с отрицательной энергией, по аналогии с теорией химической валентности. В книге «Воспоминания о необычайной эпохе» (1990) Дирак пишет: «...Я пришел к картине мира, в котором заняты все состояния с отрицательной энергией и в котором электрон, находящийся в состоянии с положительной энергией, совершить переход в состояние с отрицательной энергией не может. Разумеется,

пришлось рассматривать возможность того, что некоторые из состояний с отрицательной энергией окажутся свободными. Возникнут дырки, которые ведут себя как частицы, но уже с положительной энергией. Прийти к этой идее было несложно: было совершенно ясно, что нужно получить, и существовала очень близкая аналогия с теорией химической валентности. Все газы образуют заполненные оболочки. У щелочных металлов один или два электрона располагаются вне заполненной оболочки. Эти электроны химически активны, и они же наиболее активно участвуют в образовании спектров. Теперь мы должны учесть возможность появления в заполненной оболочке дырки – картина, соответствующая атомам галогенов. Полученное из химической теории атомов представление о таком родстве дырок и электронов можно было непосредственно применить к состояниям с положительной и отрицательной энергиями...» (Дирак, 1990, с.42). Позже Г.Вейль указал, что дырки в море электронов с отрицательной энергией должны быть новыми элементарными частицами, которые были названы позитронами и экспериментально обнаружены К.Андерсоном.

**298) Аналогия Поля Дирака.** П.Дирак (1925) нашел коэффициенты математических формул, описывающих элементы электронных орбит атома в рамках метода вариации произвольных постоянных, по аналогии с коэффициентами, входящими в формулы, которые описывают элементы планетных орбит в рамках того же метода вариации произвольных постоянных. Эти коэффициенты получили название скобок Пуассона, хотя сам Пуассон вывел указанные формулы путем обращения исходных формул Лагранжа, в которых также присутствуют коэффициенты, которые можно было бы назвать скобками Лагранжа. Таким образом, Дирак открыл скобки интегрирования в теории возмущений электронных орбит по аналогии со скобками интегрирования Пуассона в теории возмущений планетных орбит. П.Дирак в книге «Воспоминания о необычайной эпохе» (1990) вспоминает: «В одно из октябрьских воскресений 1925 года, когда, несмотря на твердое желание отдохнуть на прогулке, я усиленно размышлял над разностью  $uv - vu$ , мне пришла в голову мысль о скобке Пуассона. Мне вспомнилось, что в продвинутых курсах динамики я кое-что читал о таких странных величинах, как скобки Пуассона, и мне показалось, что существует тесная аналогия между скобкой Пуассона для величин  $u$  и  $v$  и коммутатором  $uv - vu$ . Лишь только меня осенила эта идея, я сразу пришел в возбуждение, которое вскоре, естественно, сменилось реакцией: «Не может быть, это ошибка» (Дирак, 1990, с.19). «Наутро, - продолжает Дирак, - я бросился в библиотеку прямо к открытию и, найдя в «Аналитической динамике» Уиттекера скобку Пуассона, обнаружил, что это как раз то, что мне нужно. Она была абсолютно аналогична коммутатору» (там же, с.20). «Мысль о том, чтобы связать скобку Пуассона с коммутаторами, - говорит Дирак, - положила начало моей работе в области новой квантовой механики» (там же, с.20). Об этой же аналогии П.Дирак говорит в статье «Релятивистское волновое уравнение электрона» (журнал «Успехи физических наук», 1979, том 129, выпуск 4). Он отмечает, что обнаружил аналогию между коммутатором двух некоммутирующих величин в матричной механике Гейзенберга и скобками Пуассона в классической ньютоновской механике: «Я обдумывал идеи Гейзенберга, особенно его идею о некоммутативности, и вдруг совершенно случайно мне пришла в голову мысль о том, что в действительности существует большое сходство между коммутатором двух некоммутирующих величин и скобками Пуассона, столь привычными нам в классической механике. Вследствие такого подобия уравнения новой механики с отсутствием коммутируемости оказались аналогичными уравнениям старой ньютоновской механики, если эти привычные уравнения выразить в гамильтоновской форме. Используя эту аналогию, сразу же можно получить общую связь между старой механикой и новой гейзенберговской механикой. Это было началом моей работы» (Дирак, 1979, с.682). В общем случае можно отметить, что уравнения движения различных квантовых объектов в квантовой механике были открыты такими учеными, как Н.Бор, В.Гейзенберг, Л.де Бройль, Э.Шредингер, П.Дирак, по аналогии с классическими уравнениями Гамильтона.

**299) Аналогия Поля Дирака.** П.Дирак перенес в квантовую механику идеи и методы математической теории динамики, построенной В.Гамильтоном, когда обнаружил аналогию между двумя этими разными областями. П.Дирак в книге «Воспоминания о необычайной эпохе» (1990) отмечает: «С развитием теории Гейзенберга выяснилось, что существует тесная аналогия между новой механикой Гейзенберга и старой механикой Ньютона. Этот вопрос рассматривали позже несколько людей. Указанная аналогия позволяла по заданной классической системе построить соответствующую квантовую систему, и оказалось, что в силу этой связи квантовая теория приводит к результатам, весьма близким к результатам старой классической теории, если речь идет о телах с большими массами. Все это казалось вполне удовлетворительным и привело к тому, что вера в теорию Гейзенберга очень укрепилась» (Дирак, 1990, с.62). «Рассмотрим, - поясняет Дирак, - атом гелия или любой другой атом с несколькими электронами. Каждый из этих электронов движется по своей орбите, и они должны влиять друг на друга. Как же описать такое взаимодействие? Это было главное, что занимало меня в то время, когда я был аспирантом в Кембридже, в 1923-1925 годах. Единственным путем представлялось использование гамильтоновых методов. Методы гамильтоновой механики оказались весьма успешными при работе с боровскими орбитами, и я считал, что необходимо некоторое развитие этих методов и гамильтоновой теории взаимодействия» (там же, с.96). «Выяснилось, - подчеркивает Дирак, - что уравнения новой механики можно представить в таком виде, что они будут очень похожи на наиболее важные уравнения классической механики. Нужно лишь написать эти уравнения в гамильтоновой форме, а затем использовать общее соотношение, связывающее величину  $uv - vu$  в новой динамике со скобкой Пуассона для двух соответствующих переменных в классической теории» (там же, с.98). Дирак восхищается фактом применимости уравнений Гамильтона в сфере квантовой механики: «...Гамильтон был, по-видимому, наделен каким-то удивительным даром проникать в самую суть – удивительнейшим даром из тех, которыми когда-либо обладал математик. Он нашел для уравнений механики такую форму записи, значение которой суждено было понять лишь спустя столетие, через много лет после его смерти. Значение гамильтоновой формы записи уравнений Ньютона состоит в том, что ее очень просто обобщить, чтобы включить некоммутативность» (там же, с.128). Об этой аналогии Дирака пишет также М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985): «Конкретный вопрос, который, как упоминалось выше, привел к развитию теории преобразований еще до создания волновой механики, был вопрос о том, нельзя ли из классической динамики перенести в матричную механику метод Гамильтона-Якоби, который, напомним, позволял непосредственно находить частоты много-периодических систем. Важный шаг в этом направлении был сделан Дираком в уже цитированной статье» (Джеммер, 1985, с.287).

**300) Аналогия Поля Дирака.** П.Дирак (1931) высказал гипотезу о существовании переносчиков магнетизма – монополей, являющихся элементарными (наименьшими) магнитными зарядами, по аналогии с существованием открытых Д.Д.Томсоном (1897) электронов, являющихся наименьшими электрическими зарядами. В книге «Воспоминания о необычайной эпохе» (1990) П.Дирак указывает: «Уравнения Максвелла симметричны по отношению к электрическому и магнитному полям, и поскольку из них вытекает закон сохранения электрического заряда, их следствием мог бы стать и закон сохранения магнитного заряда» (Дирак, 1990, с.160). Как отмечают М.И.Каганов и В.М.Цукерник, «в 1931 г. один из создателей квантовой механики, Дирак, высказал убеждение, что магнитные заряды в природе должны быть. Он назвал их монополями. Мир был бы более симметричным, теория электромагнетизма более красивой, если бы монополи были» (М.И.Каганов, В.М.Цукерник, «Природа магнетизма», 1982). Однако пока монополь Дирака не обнаружен. Е.В.Лисовская и Г.А.Яхонтова пишут: «...Некоторые предсказания Дирака до сих пор не доказаны. В частности, его догадка о существовании изолированных положительных и отрицательных магнитных частиц – монополей, которые, по аналогии с электрическими

частицами, вполне могут быть обнаружены» (Е.В.Лисовская, Г.А.Яхонтова, «Великие ученые 20 века», 2001). До Дирака такую же гипотезу формулировал П.Вейсс (1911). Я.Г.Дорфман в книге «Всемирная история физики» (2007) отмечает: «Таким образом, Вейсс утверждал, что в природе существует элементарный магнитный момент – магнетон – подобно тому, как существует элементарный электрический заряд - электрон» (Дорфман, 2007, с.295).

**301) Аналогия Поля Дирака.** П.Дирак (1933) предсказал существование протонов с отрицательным электрическим зарядом (антипротонов) по аналогии с наличием позитронов – электронов с положительным электрическим зарядом, симметричных обычным электронам с отрицательным зарядом. В книге В.С.Готт «Философские вопросы современной физики» (1988) констатируется, что при вручении Дираку Нобелевской премии он сказал: «Я считаю вероятным существование отрицательных протонов, ибо, поскольку мы можем еще опираться на теоретические выводы, между положительным и отрицательным электрическим зарядом имеется полная и совершенная симметрия, и если эта симметрия действительно носит фундаментальный характер, то должно оказаться возможным обращать заряд любого сорта частиц» (Готт, 1988). А.Н.Вяльцев в книге «Открытие элементарных частиц» (1984) констатирует: «Открытие позитрона укрепило идею антипротона до такой степени, что уже сам первооткрыватель позитрона поставил задачу поисков антипротона» (Вяльцев, 1984, с.189).

**302) Аналогия Германа Вейля.** Известный математик Герман Вейль, подсказавший Дираку возможность существования электронов с положительным зарядом (позитронов), пришел к выводу, что масса сама по себе не является ни инертной, ни тяжелой, а порождена гравитационным полем, поэтому ее следует определять как поток гравитационного поля, проходящий через наружную оболочку, опираясь на аналогию. В частности, Вейль использовал аналогию с идеей М.Фарадея о необходимости определять электрический заряд, вычисляя поток электрического поля, проходящий через наружную оболочку заряженной частицы (Г.Вейль, «Математическое мышление», 1989).

**303) Аналогия Германа Вейля.** Герман Вейль (1929) предсказал существование новой элементарной частицы – антинейтрино по аналогии с идеей В.Паули о существовании нейтрино. Оказав П.Дираку помощь в формулировке идеи о наличии антиэлектронов (позитронов), которые сам Дирак первоначально трактовал как дырки в море электронов с отрицательной энергией, Вейль решил, что симметрия между электронами и позитронами требует другой симметрии – между нейтрино и антинейтрино. И.М.Яглом в предисловии к книге Г.Вейля «Симметрия» (2007) указывает: «Значение идущих от Г.Вейля соображений симметрии для физики можно проиллюстрировать некоторыми из наиболее впечатляющих открытий последнего времени» (Вейль, 2007, с.23). «Одной из наиболее впечатляющих иллюстраций, - поясняет И.М.Яглом, - может здесь также служить история открытия так называемого «антинейтрино», теоретически предсказанного Г.Вейлем еще в 1929 г., когда возможность существования подобной частицы казалась немыслимой (заметим, что и «нейтрино» было впервые открыто лишь в 1956 г., т.е. через год после смерти Вейля)» (там же, с.23).



«Он не только вовлекал в науку своих сотрудников масштабами своего научного вклада и собственным мастерством, но и покорял сердца окружающей его академической молодежи человеческим интересом к ней, и это создавало образцовую основу для самой тесной коллективной работы учителя и учеников над большими и волнующими проблемами».

В.Гейзенберг о Максе Борне

**304) Аналогия Макса Борна.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1954 год Макс Борн (1926) сформулировал гипотезу о том, что вероятность электрона равна квадрату волновой функции уравнения Шредингера, по аналогии с утверждением Эйнштейна, что квадрат амплитуд световых волн можно интерпретировать как плотность вероятности появления фотонов. Согласно Борну, квадрат волновой функции, вычисленный в некоторой точке пространства, выражает вероятность того, что соответствующая частица находится именно в этом месте. Как пишет историк науки Б.И.Спасский во 2-ом томе книги «История физики» (1977), «по мнению Борна, волновая функция не представляет собой никакого реального фактического поля, а имеет вероятностный смысл, подобно функции распределения, применяемой в статистической физике. К этой идее Борн пришел под влиянием замечания Эйнштейна о том, что двойственная природа света может быть просто понята, если принять, что амплитуда световых волн, а значит, и плотность энергии определяются средней плотностью фотонов в данной точке пространства. (...) Распространяя эту идею на квантовую механику, Борн и предположил, что волновая функция также может иметь только статистический, вероятностный смысл, заключающийся в том, что эта функция определяет плотность вероятности пребывания частицы в данной точке пространства» (Б.И.Спасский, «История физики», 1977). М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) описывает историю открытия Борном статистической интерпретации волновой функции так же, как и Б.И.Спасский. М.Джеммер пишет, что для Эйнштейна электромагнитное волновое поле было своего рода «призрачным полем», волны которого направляют корпускулярные световые кванты по их пути в том смысле, что квадраты волновых амплитуд (интенсивности) задают вероятности присутствия световых квантов. Борн считал естественным распространить эйнштейновское представление о «призрачном поле» и на другие частицы помимо световых квантов. Так же, как интенсивность световых волн является мерой плотности световых квантов, утверждал Борн, так, само собой разумеется, что волновая функция является плотностью вероятности частиц. Кроме того, Борн опирался на аналогию с представлением Бора-Крамерса-Слэтера о виртуальном поле излучения. Это представление было ошибочным, но оно привело к правильной идее М.Борна. В связи с этим можно сказать, что в определенной мере идея М.Борна представляла собой продуктивную аналогию с ложными основаниями. М.Джеммер в своей книге пишет о теории Бора-Крамерса-Слэтера: «В истории физики трудно найти другую такую теорию, которая была бы столь быстро опровергнута и все же оказалась столь важной для будущего развития физической мысли, как теория Бора, Крамерса, Слэтера. Теперь должно быть ясно, что эта важность была обусловлена не ее специфическим физическим содержанием, а ее радикально новым подходом. Интерпретируя эйнштейновское спонтанное испускание как процесс, «индуцированный виртуальным полем излучения»... статья проложила дорогу для последующей квантовомеханической концепции вероятности как категории, присущей физической реальности, а не просто математического средства в рассуждениях» (Джеммер, 1985, с.187). Сам М.Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963) достаточно отчетливо раскрывает ту аналогию, которой он руководствовался: «И снова руководящей явилась идея Эйнштейна. Он пытался сделать понятным дуализм частиц (квантов, или фотонов) и волн, интерпретируя квадрат амплитуд оптических волн как плотность

вероятности появления фотонов. Эту идею можно было немедленно распространить на волновую функцию: квадрат волной функции должен представлять плотность вероятности для электронов (или других частиц)» (Борн, 1963, с.308).

**305) Аналогия Сергея Вавилова.** С.И.Вавилов пришел к идее о проведении опытов, направленных на исследование квантовых флуктуаций света, по аналогии с экспериментами А.Ф.Иоффе и Н.И.Добронравова, в которых изучались флуктуации рентгеновского излучения. В.Я.Френкель в статье «Абрам Федорович Иоффе» (УФН, 1980, сентябрь) пишет: «Представляется интересным подчеркнуть, что известные опыты С.И.Вавилова по квантовым флуктуациям света генетически, несомненно, связаны с рассмотренными работами А.Ф.Иоффе и с его (совместными с Н.И.Добронравовым) важными экспериментами по флуктуациям рентгеновского излучения, выполненными в 1925 г.» (Френкель, УФН, 1980, с.22).

**306) Аналогия Венкаты Рамана.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1930 год В.Раман (1922) сформулировал идею о том, что цвет моря определяется рассеянием света на молекулах воды, по аналогии с теорией лорда Рэля о том, что цвет неба определяется рассеянием света на молекулах воздуха. В книге «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) указывается один из эпизодов жизни Рамана: «В 1921 г. он впервые посетил Европу, где принимал участие в работе Конгресса британских университетов, состоявшегося в Оксфорде. На обратном пути в Индию, на борту пассажирского судна, Раман был поражен темно-синим цветом моря. Через год он теоретически доказал, что цвет моря определяется рассеянием света на молекулах воды, подобно тому как цвет неба объясняется рассеянием света на молекулах воздуха. Наблюдения Рамана послужили началом семилетних исследований рассеяния света молекулами жидкостей, твердых тел и газов» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**307) Аналогия Венкаты Рамана.** Индийский ученый В.Раман совместно с К.Кришнаном (1928) пришел к идее о существовании комбинационного рассеяния света по аналогии с эффектом А.Комптона (1923), который состоит в увеличении длины волны рентгеновских лучей при их рассеянии на свободном или слабо связанном электроны. И.Радунская в электронной версии книги «Безумные идеи» (1967) пишет: «...Раман и Кришнан увлеклись любопытной задачей. Тогда еще не улеглись страсти, вызванные в 1923 году открытием американского физика Комптона, который, изучая прохождение рентгеновых лучей через вещество, обнаружил, что часть этих лучей, рассеиваясь в стороны от первоначального направления, увеличивают длину своей волны. В переводе на язык оптиков можно сказать, что рентгеновы лучи, столкнувшись с молекулами вещества, меняли свой «цвет». Это явление легко объяснялось законами квантовой физики. Поэтому открытие Комптона явилось одним из решающих доказательств правильности молодой квантовой теории. Нечто подобное, но уже в оптике, решили попытаться обнаружить индийские ученые» (И.Радунская, 1967). Отметим, что индийские ученые обнаружили не то рассеяние света, которое они предсказывали, хотя сами они не осознавали этого. «По мнению индийских ученых, - говорит И.Радунская, - они нашли то, что искали. 23 марта 1928 года в Лондон полетела телеграмма со статьей, названной «Оптическая аналогия эффекта Комптона». Ученые писали: «Таким образом, оптическая аналогия эффекта Комптона очевидна, за исключением того, что мы имеем дело с изменением длины волны много большим...» (И.Радунская, 1967).



«Были и есть ученые, совершенно лишенные честолюбия. Они пользуются всеобщим уважением, в том числе и уважением честолюбцев. Крупнейший советский физик Л.И.Мандельштам совершенно не интересовался внешним успехом своей работы, он не стремился к ее публикации. Мандельштама увлекала лишь наука как таковая, самый процесс научного творчества».

М.В.Волькенштейн об Л.И.Мандельштаме

**308) Аналогия Леонида Мандельштама и Григория Ландсберга.** Л.И.Мандельштам и Г.С.Ландсберг (1918) независимо от Рамана и Кришнана предсказали эффект комбинационного рассеяния света по аналогии с явлением модуляции и изменения длины радиоволнового излучения звуковыми колебаниями, а также по аналогии с эффектом рассеяния света на флуктуациях молекул воздуха. Зная о свойстве акустических волн модулировать амплитуду (изменять частоту) радиоволнового излучения, Мандельштам по аналогии предположил, что акустические волны способны модулировать также и световые колебания. Но русские ученые экспериментально обнаружили не то рассеяние света, которое они предсказывали. В открытом комбинационном рассеянии фотон данной частоты порождал фотон другой частоты, что является следствием наличия оптических ветвей в колебаниях решетки твердых или жидких тел. «В Калькутте, - поясняет И.Радунская, - искали оптическую аналогию эффекта Комптона. В Москве – опытного подтверждения мандельштамовского предсказания изменения частоты при рассеянии света на флуктуирующих неоднородностях» (И.Радунская, 1967). О том, что Мандельштам и Ландсберг открыли не то комбинационное рассеяние, которое искали, пишет И.Л.Фабелинский в книге «Воспоминания об академике М.А.Леонтовиче» (1990). «Коротко говоря, - отмечает он, - они искали изменение частоты рассеянного света вследствие его модуляции частотой, лежащей на акустической ветви упругих колебаний кристалла, а нашли изменение частоты рассеянного света вследствие модуляции частотой, лежащей на оптической ветви упругих колебаний кристалла, но эти ветви качественно различны...» (Фабелинский, 1990, с.68). Тот же И.Л.Фабелинский в статье «Предсказание и обнаружение тонкой структуры линии Рэлея» (УФН, 2000, январь) подчеркивает: «...Мандельштам, разрабатывающий вопросы радиопередатчика и многие другие вопросы, с этим связанные, мог сразу подумать об аналогии и перенести мысленно то, что наблюдается в радиофизике, в оптику. Если это было действительно так, то перед мысленным взором Мандельштама представилась прекрасная картина спектра света, рассеянного в среде в виде тонкой структуры» (Фабелинский, УФН, 2000, с.96).

**309) Аналогия Леонида Мандельштама.** Л.И.Мандельштам (1910) разработал теорию затухания собственных колебаний светящихся паров натрия по аналогии с исследованиями Бьеркнеса, который разработал для электрических колебаний метод определения затухания контура путем снятия резонансной кривой. Другими словами, Мандельштам перенес в оптическую теорию ряд результатов из теории электричества («Академик Л.И.Мандельштам. К 100-летию со дня рождения», 1979).

**310) Аналогия Леонида Мандельштама.** Л.И.Мандельштам (1914) высказал гипотезу о том, что когда расстояние источника света от поверхности раздела двух сред мало или сравнимо с длиной волны света, происходит полное внутреннее отражение, по аналогии с эквивалентным явлением, описанным в теории Зоммерфельда для распространения радиоволн от излучающего источника. Данную теорию Зоммерфельд построил в 1909 году. Иначе говоря, Мандельштам перенес теорию распространения радиоволн в оптическую теорию («Академик Л.И.Мандельштам. К 100-летию со дня рождения», 1979).

**311) Аналогия Гарольда Юри.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1934 год Гарольд Юри (начало 30-х годов 20 века) пришел к заключению о существовании тяжелого водорода, которому он дал название дейтерий, по аналогии с существованием тяжелого кислорода (изотопа кислорода), обнаруженного в 1929 г. Джиоком и Джонстоном с помощью масс-спектрографа Астона. До того, как Юри предсказал тяжелый водород, результаты масс-спектрографических исследований показывали, что атомная масса водорода различна в зависимости от того, определяется она химическим путем или методом Астона. Ученым было также известно, что среди изотопов кислорода наряду с легким есть и тяжелый кислород. Юри предположил, что и среди изотопов водорода есть его тяжелая разновидность. В.Чолаков в книге «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) констатирует: «В 1929 г. Джиок и Джонстон обнаружили, что кислород имеет изотопы. Это явилось большим ударом для всей химии, так как за атомную единицу массы в химии тогда была принята 1/16 массы атома кислорода. Это заставило внести поправки в численные значения атомных и молекулярных масс, и оказалось, что атомная масса водорода оказывается различной в зависимости от того, определяется она химическим путем или методом Астона. Ученые стали подозревать, что и водород имеет изотопы. Этим вопросом занялся молодой американский исследователь Гарольд Клейтон Юри» (Чолаков, 1986, с.67).

**312) Аналогия Юри, Даннинга, Гровса и Оппенгеймера.** Юри, Даннинг, Гровс и Оппенгеймер (1942) пришли к идее о разработке газодиффузионного метода разделения изотопов урана по аналогии с эффектом Грэхэма-Рейли. Данный эффект состоит в том, что если два газа, один из которых легче другого, пропускать через фильтр с ничтожно малыми отверстиями, то через него пройдет несколько больше легкого газа, чем тяжелого. «Газодиффузионный метод, - сообщает К.В.Рыжов, - основывался на принципе, известном под названием закона Грэхэма (он был впервые сформулирован в 1829 году шотландским химиком Томасом Грэхэмом и разработан в 1896 году английским физиком Рейли)» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**313) Аналогия Френсиса Астона.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1922 год Френсис Астон (1918) изобрел масс-спектрограф, в котором атомы и элементарные частицы пролетают сквозь зазор конденсатора и между полюсами магнита, но, пройдя серию узкоориентированных щелей, попадают на фотопластинку, руководствуясь аналогией. В частности, Ф.Астон опирался на аналогию с масс-спектрометром Д.Д.Томсона, в котором различные атомные частицы исследуются путем отклонения их в магнитном поле. Поскольку массы различных элементов различны, то оказываются различными их орбиты при движении в магнитном поле. Д.Д.Томсон впервые предложил построить масс-спектрограф, позволяющий исследовать частицы методом отклонения их в магнитном поле, в 1907 году. М.Льоцци в книге «История физики» отмечает: «Начал Астон (совместно с Линдеманом) с теоретического исследования, в котором показал, что из всех возможных физических методов разделения изотопов (диффузия, возгонка, центрифугирование) самым многообещающим и результативным является электромагнитный метод Томсона. В том же году Астон начал экспериментальные исследования и в следующем году усовершенствовал их, применив устройство, которое назвал масс-спектрографом. Название это так и осталось в науке. В масс-спектрографе применяется томсоновский метод отклонения заряженных частиц под действием двух полей, электрического и магнитного...» (Льоцци, 1970, с.381).

**314) Аналогия Джона Ван-Флека.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1977 год Джон Ван-Флек (1935) получил ряд важных результатов в теории магнетизма редкоземельных элементов и элементов группы железа, когда по аналогии перенес в эту теорию теорему Х.Крамерса (1930) о вырождении в молекулах с нечетным числом электронов и теорию кристаллического поля Х.Бете (1929). Как известно, Х.Бете использовал в теории

кристаллического поля математическую теорию групп. Д.Ван-Флек в своей Нобелевской лекции «Квантовая механика – ключ к пониманию магнетизма» (УФН, 1979, том 127, выпуск 1) повествует: «В 1930 г. я получил субсидию из фонда Гуггенхайма для исследований и поездки по Европе. Я провел большую часть времени в Германии, но в научном отношении наиболее плодотворной частью путешествия была прогулка с Крамерсом вдоль одного из каналов около Утрехта. Он рассказал мне про свою теорему [21] о вырождении в молекулах с нечетным числом электронов и, кроме того, о длинной статье Бете [22], касающейся применения теории групп для нахождения квантовомеханических уровней энергии атомов или ионов, находящихся под действием кристаллического поля...» (Ван-Флек, 1979, с.9). «Результаты теории кристаллического поля, - поясняет Д.Ван-Флек, - оказываются особенно впечатляющими, будучи примененными к элементам группы железа, образуя при этом основу большей части того, что может быть названо современной магнитохимией. Кристаллический потенциал здесь гораздо больше, чем для редких земель, и оказывается столь сильным, что в значительной степени замораживает орбитальную часть магнитного момента даже при комнатной температуре» (там же, с.10). Об этой же аналогии Ван-Флека, о его переносе теории кристаллического поля Х.Бете в теорию парамагнетизма, говорит Анатолий Абрагам в книге «Время вспять, или физик, физик, где ты был» (Москва, «Наука», 1991): «Джон Ван Флек показал в тридцатых годах, что взаимодействия атомов можно описать с достаточной точностью моделью, в которой каждый атом ощущает фиктивное кристаллическое поле, симулирующее эффекты межатомных связей. С помощью этой модели Ван Флек и руководимая им группа успешно объяснили магнитные свойства элементов группы железа и редких земель» (Абрагам, 1991, с.150).

**315) Аналогия Джона Ван-Флека.** Д.Ван-Флек (1948) теоретически объяснил ширины линий, которые возникают на атомном ядре железа в соединении железа с кальцием при исследовании явления ядерного магнитного резонанса, когда по аналогии перенес в область теории изменения спектральных линий ядра при резонансе метод моментов Валлера. Д.Ван-Флек в своей Нобелевской лекции «Квантовая механика – ключ к пониманию магнетизма» (УФН, 1979, том 127, выпуск 1) пишет: «Мои собственные исследования были довольно мало связаны с ядерным магнетизмом, но в 1948 г. Перселл спросил, смогу ли я объяснить теоретически ширины линий, которые они с Пейком [48] наблюдали в резонансе на ядре F в CaF<sub>2</sub>. Мне пришло в голову, что это может быть сделано, если применить метод моментов, разработанный Валлером в 1932 г.» (Ван-Флек, 1979, с.15). Относительно самой работы Валлера Ван-Флек говорит: «В выдающейся пионерской работе, написанной в 1932 г., Валлер [35] показал, что возможна передача энергии между магнитной и фононной системами из-за модуляции дипольной энергии, обусловленной колебаниями решетки, а немного позднее Гайтлер и Теллер, Фирц, а также Крониг [36] показали, что возможен аналогичный релаксационный эффект, обычно большей величины, из-за колебательной модуляции энергии, связанной с кристаллическим потенциалом» (там же, с.13). Таким образом, Ван-Флек объяснил резонансный эффект, обнаруженный Перселлом в ядре железа, по аналогии с релаксационным эффектом, о котором писал Валлер и другие физики.

**316) Аналогия Джона Ван-Флека.** Д.Ван-Флек (1947) теоретически объяснил аномальные формы линий в экспериментах по дисперсии парамагнитной восприимчивости благодаря тому, что вновь по аналогии перенес в область теории изменения спектральных линий вещества при резонансе метод моментов Валлера. Примечательно, что совершенно одновременно и независимо такое же правильное объяснение экспериментов по дисперсии парамагнитной восприимчивости дал Корнелис Гортер, с которым Ван-Флек работал совместно на одном из этапов своей научной жизни. Д.Ван-Флек в своей Нобелевской лекции «Квантовая механика – ключ к пониманию магнетизма» (УФН, 1979, том 127, выпуск 1) рассказывает о событиях 1947 года: «Годом ранее я также использовал метод моментов Валлера в связи с объяснением некоторых аномальных на первый взгляд форм линий в ряде

лейденских экспериментов по дисперсии парамагнитной восприимчивости. В 1947 г. Гортер был приглашенным профессором в Гарварде, и однажды утром, придя в лабораторию, мы обнаружили, что за эту ночь мы оба пришли к заключению, что явление должно объясняться эффектом, который обычно называется обменным сужением линий» (Ван-Флек, 1979, с.15-16).

**317) Аналогия Е.Брюхе и А.Рекнагеля.** Е.Брюхе и А.Рекнагель (1938) разработали теорию фокусировки электронного потока, движущегося в пространстве дрейфа после прохождения высокочастотного (ВЧ) зазора, по аналогии с теорией фокусировки пучка световых лучей оптической линзой. В.М.Родионов в книге «Формирование радиоэлектроники» (1988) указывает: «Следующий важный шаг в понимании динамического способа управления электронным потоком сделали в 1938 г. Е.Брюхе и А.Рекнагель. Они ввели новый термин «фазовая фокусировка» и дали простой и наглядный анализ многих схем, исходя из аналогии между поведением фокусируемого линзой пучка световых лучей и электронного потока, движущегося в пространстве дрейфа после прохождения ВЧ зазора. Предложенная ими графическая иллюстрация этой аналогии (пространственно-временная диаграмма движения электронов) вошла во все учебники по СВЧ-электронике» (Родионов, 1988, с.311).

**318) Аналогия А.Бартлета, М.Гепперт-Майер, Й.Йенсен.** А.Бартлет (1932), Мария Гепперт-Майер и Йоханес Йенсен (1949) выдвинули оболочечную модель атомного ядра по аналогии с оболочечной моделью атома. Основанием для этой аналогии послужили следующие факты. В.Эльзассер в 1934 г. установил, что атомные ядра, в которых число нуклонов (протонов или нейтронов) составляет 2, 8, 20, 50, 82, 126, обладают особой стабильностью. В свою очередь, атомы, в которых число электронов, вращающихся вокруг ядра, составляет 2, 8, 20, 50, 82, 126, также обладают особой стабильностью. При этом А.Бартлет, М.Гепперт-Майер и Й.Йенсен знали, что электронная стабильность атома объясняется оболочечным распределением электронов в атоме. Отсюда они по аналогии пришли к мысли, что и нуклонная стабильность ядра должна объясняться оболочечным распределением нуклонов в ядре. В.Чолаков в книге «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) отмечает: «Уже в 1934 г. молодой немецкий физик Вальтер Эльзассер установил, что ядра, в которых число нуклонов, протонов или нейтронов равно 2, 8, 20, 50, 82 или 126, обладают особой стабильностью. Поскольку физики не находили объяснения этому явлению, эти числа были названы «магическими» (Чолаков, 1986, с.79). «Эти факты наряду с другими, - поясняет В.Чолаков, - дали основание американскому физическому А.Бартлету предложить оболочечную модель ядра. Эта идея, однако, существенно опережала свое время и поэтому не нашла тогда поддержки. В 1949 г. представления физиков об атомном ядре значительно углубились, и оболочечная модель ядра, предложенная Марией Гепперт-Майер и независимо Йоханнесом Хансом Даниелом Йенсеном, привлекла всеобщее внимание ученых. Согласно их теории, нуклоны движутся в ядре по определенным орбитам, подобно электронам в атоме. И так же как строение электронной оболочки и ее постепенное заполнение служат основой периодической системы элементов, магические числа в сочетании с оболочечной моделью ядра привели к созданию периодической системы ядер» (там же, с.79). В 1963 году Мария Гепперт-Майер и Йоханес Йенсен за создание оболочечной модели атомного ядра были удостоены Нобелевской премии. Об этом же пишет А.В.Славин в книге «Проблема возникновения нового знания» (1976), указывая, что в ряде случаев оболочечная модель атома объясняет некоторые атомные процессы лучше капельной модели. «В этих случаях, - аргументирует А.В.Славин, - капельная модель уже плохо описывает ситуацию. Поэтому возникает потребность в других моделях, позволяющих интерпретировать те свойства оригинала, которые не поддаются интерпретации на основе капельной модели. Новая модель – оболочечная (авторы М.Майер и Г.Д.Йенсен) – была создана по аналогии с замкнутыми электронными оболочками атома: ядро рассматривается как слоистое образование наподобие электронной оболочки атома» (Славин, 1976, с.239).

**319) Аналогия Хендрика (Генрика) Крамерса.** Голландский физик-теоретик Хендрик Крамерс (1940) вывел математическое уравнение, предназначенное для описания динамики деления атомных ядер, по аналогии со стохастическим уравнением Фоккера-Планка. Отметим, что уравнение Фоккера-Планка описывает временную эволюцию функции плотности вероятности координат и импульса частиц в процессах, где важна стохастическая природа явления. Г.Д.Адеев и Д.В.Ванин в статье «Стохастический подход к динамике деления» («Вестник Омского университета», 1999, выпуск 1) пишут: «В последние два десятилетия интерес к случайным флуктуациям и описывающим их стохастическим методам чрезвычайно возрос, что нашло отражение в последних монографиях, посвященных этим проблемам. Начиная с середины восьмидесятых годов – времени открытия нового класса ядерных реакций (глубокоэластичных столкновений тяжелых ионов) – стохастические методы широко используются и в ядерной физике. Хотя следует отметить, что еще в 1940 году Крамерс использовал стохастическое уравнение Фоккера-Планка (УФП) для описания динамики деления атомных ядер. Он предложил рассматривать эволюцию коллективных степеней свободы ядра, отвечающих за деление ядра, по аналогии с движением броуновских частиц в вязкой среде (термостате), образуемых одночастичными (внутренними) степенями свободы» (Г.Д.Адеев и Д.В.Ванин, 1999).



«Высшим проявлением его чувства собственного достоинства или гордости (можно назвать это как угодно) была одна особенность его научной работы: он всегда выбирал важнейшие, по его мнению, в данное время направления исследований, хотя обычно они и бывали труднейшими. Не знаю, сформулировал ли он такой принцип для себя сознательно или это было неизбежным свойством его характера борца, стремлением сделать почти невозможное, прыгнуть выше головы».

Евгений Фейнберг об Игоре Тамме

**320) Аналогия Игоря Тамма.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1958 год И.Е.Тамм (1924) вывел инвариантные уравнения электродинамики анизотропной среды, используемые для определения законов распространения света в кристаллах, по аналогии с известными уравнениями, определяющими распространение света в гравитационном поле в вакууме. «Эта аналогия, - пишет И.Е.Тамм, - позволяет дать законам кристаллооптики геометрическое истолкование, сводящееся к утверждению, что свет в материальных средах, как и в вакууме, распространяется по нулевым линиям» (И.Е.Тамм, «Собрание научных трудов», 1975).

**321) Аналогия Игоря Тамма.** Предположение И.Е.Тамма (1930) о существовании звуковых квантов – фононов, определяющих тепловые колебания атомов в кристаллической решетке металлов, возникло по аналогии с существованием фотонов – световых квантов, связанных с колебаниями электронов в атоме. Эта гипотеза позволила ему построить полную квантовую теорию рассеяния света в кристаллах. Зная, что световые колебания высокой частоты способны выбивать электроны из кристалла благодаря тому, что свет имеет квантовую структуру, И.Е.Тамм по аналогии предположил, что звуковые колебания высокой частоты также могут воздействовать на электронную структуру кристалла благодаря тому, что эти колебания представляют собой кванты звука.

**322) Аналогия Игоря Тамма.** И.Е.Тамм (1932) выдвинул гипотезу о том, что вблизи поверхности кристаллов должны существовать особые квантовые электронные состояния, названные впоследствии таммовскими состояниями. Находящиеся в этих состояниях электроны как бы прилипают к поверхности: они могут свободно двигаться вдоль

поверхности, но не могут уйти от нее вглубь кристалла. Эта гипотеза возникла по аналогии с исследованиями его предшественников, в частности Фрелиха, который исследовал фотоэффект на тонких металлических пластинках. Тамм учитывал то, что при облучении видимым или ультрафиолетовым светом кристалл обнаруживает электронную проводимость. Примечательно, что еще Кулон установил факт распределения зарядов на поверхности проводника. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет: «Кулон установил экспериментально, что электрические заряды в состоянии равновесия распределяются в проводнике всегда на его поверхности, образуя «бесконечно тонкую пленку», которая на внутренние точки проводника или не оказывает никакого действия (случай изолированного проводника), или нейтрализует действие внешнего электрического поля (если таковое имеется)» (Сологуб, 1975, с.41).

**323) Аналогия Игоря Тамма.** Мысль И.Е.Тамма (1934) о том, что взаимодействие, существующее между протоном и нейтроном, должно сводиться к обмену новым видом квантов, возникла у него по аналогии с тем, что механизмом взаимодействия зарядов (электронов) является обмен квантами электромагнитного поля. А.Потупа в книге «Бег за бесконечностью» (1977) пишет о И.Е.Тамме: «Он предположил, что силы, действующие между протонами и нейтронами, обусловлены обменом парами квантов электронного и нейтронного полей. Эта идея следовала из аналогии с картиной взаимодействия электрических зарядов, например, электронов, которые обменивались между собой фотоном» (Потупа, 1977). Хидеки Юкава, предсказавший массу этих новых квантов, признавался, что одной из исходных посылок его гипотезы была указанная мысль Тамма. А.А.Богущ в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) объясняет исходные посылки идеи Тамма точно так же: «В 1934 г. Д.Д.Иваненко и И.Е.Тамм показали возможность описания взаимодействия ядерных частиц – протонов и нейтронов – посредством обмена массивными частицами – квантами внутриядерного поля, подобно тому, как это происходит при взаимодействии электрически заряженных частиц согласно квантовой электродинамике» (Богущ, 1990, с.71).

**324) Аналогия Игоря Тамма.** И.Е.Тамм вывел уравнение движения мезонов – элементарных частиц, участвующих в ядерном взаимодействии, по аналогии с новым уравнением движения электрона, выведенным Я.И.Френкелем с учетом требований теории относительности Эйнштейна («Я.И.Френкель. Воспоминания. Письма. Документы», 1986).

**325) Аналогия Игоря Тамма.** И.Е.Тамм (1965) высказал парадоксальную идею о существовании квантов пространства и времени в результате переноса по аналогии на пространство и время квантовых свойств элементарных частиц. Эта идея определялась стремлением Тамма устранить из квантовой электродинамики бесконечные расходящиеся ряды, не имеющие прямого физического смысла и дискредитирующие приближенные дифференциальные уравнения, описывающие движение элементарных частиц. Квантование пространства позволяло устранить эти расходимости. Историк науки В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988) пишет: «Академик И.Тамм считал наиболее перспективным направлением в разработке теории элементарных частиц попытку коренным образом пересмотреть наши пространственно-временные представления в применении к ультрамалым масштабам. Он ссылается на высказывания академика Л.Т.Мандельштама о неприменимости обычных понятий пространства и времени к ядерным масштабам, а также на работы Х.Снайдера (1947), предложившего способ квантования пространства и времени, приводящий к выводу о дискретности пространства» (Готт, 1988, с.151).

**326) Аналогия Хидеки Юкавы.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1949 год Хидеки Юкава (1935) высказал предположение о существовании элементарной частицы

(мезона), которая является переносчиком ядерного взаимодействия между протоном и нейтроном, по аналогии с фактом существования элементарной частицы – фотона, отвечающего за электромагнитное взаимодействие между электронами. Таким образом, Юкава реализовал ту же самую аналогию, что и И.Е.Тамм, выдвигавший эквивалентную гипотезу. О том, что масса мезона должна быть в 200-300 раз больше массы электрона, Юкава догадался, сравнив радиусы действия ядерных и электромагнитных сил. А.А.Богуш в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) пишет: «Опираясь на основные положения квантовой механики и следуя аналогии с квантовой электродинамикой, Х.Юкава предсказал существование новых элементарных частиц – пи-мезонов – квантов создаваемых нуклонами мезонных полей. Пи-мезоны, подобно фотонам в случае электромагнитного взаимодействия, выступают в роли переносчиков сильного взаимодействия, связывающего между собой нуклоны в атомном ядре. Однако в отличие от безмассовых фотонов, существующих только в движении, пи-мезоны должны обладать, согласно квантовой механике, вполне определенной ненулевой массой покоя...» (Богуш, 1990, с.11). Об этой же аналогии, использованной Юкавой, пишет М.Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963): «Юкава пришел к выводу, что силы между нуклонами, по крайней мере, так же важны, как электромагнитные силы, и применив понятие поля по аналогии с теорией Максвелла, смог предсказать новую частицу, которая имеет такое же отношение к ядерному полю, как фотон – к электромагнитному, но имеет конечную массу покоя...» (Борн, 1963, с.225). Реконструкция М.Борна согласуется с описанием М.А.Маркова, который в книге «Размышляя о физиках, о физике, о мире» (1993) отмечает: «...Юкава начинает свою статью с почтительного цитирования именно работы И.Е.Тамма (1934), в которой впервые была сделана попытка объяснить природу ядерных сил обменом электронно-позитронными парами в теории слабых взаимодействий. Только благодаря малости константы слабых взаимодействий это реально существующее взаимодействие не оказалось ядерным» (Марков, 1993, с.38).

**327) Аналогия Джеффри Тэйлора (Тейлора).** Английский физик Д.Тэйлор (1935) сделал существенный вклад в гидродинамику, когда по аналогии перенес в теорию турбулентности ряд идей из области статистической физики, а также известное преобразование Фурье, заимствованное из гармонического анализа. Ю.И.Хлопков, В.А.Жаров и С.Л.Горелов в работе «Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности» (2005) пишут об этом переносе Тэйлора: «Основы такого подхода изложены Тейлором (1935) в статье, в которой были введены также понятия статистической однородности и изотропии, шаг, который перевел теорию турбулентности из разряда инженерной науки в разряд области физики. В следующей работе [Тейло, 1938a] было завершено определение энергетического спектра через волновые числа (т.е. использовано преобразование Фурье от двухточечной пространственной корреляции) и, как мы теперь понимаем, вычисление этого спектра является главной целью фундаментальной теории турбулентности» (Ю.И.Хлопков, В.А.Жаров и С.Л.Горелов, 2005). «Использование фурье-анализа, - поясняют указанные авторы, - приводит к трем главным выигрышам. Он сводит дифференциальный оператор к мультипликативному, дает относительно простую картину турбулентности и позволяет определить число степеней свободы турбулентной системы» (там же, 2005).

**328) Аналогия Норберта Винера.** Основатель кибернетики Н.Винер получил адекватное математическое описание броуновского движения мельчайших частиц, когда по аналогии перенес в теорию броуновского движения результаты общей теории интегрирования, а именно знаменитый интеграл Лебега. Н.Винер в очерке «Я - математик», который содержится в книге «Творец и будущее» (2003) пишет: «Таким образом, броуновское движение дает нам ситуацию, в которой частицы описывают кривые, принадлежащие к некоторому статистическому множеству кривых. Тем самым оно представляло собой идеальный объект для применения моих идей о лебеговом интегрировании в пространстве

кривых, обладающий также тем преимуществом, что объект этот был физически реальным и тесно связанным с идеями Гиббса. И действительно, применив здесь свои соображения, относящиеся к общей теории интегрирования, я добился значительного успеха» (Винер, 2003, с.327). Кроме того, Н.Винер по аналогии перенес в теорию броуновского движения аппарат непрерывных недифференцируемых функций. В очерке «Мое отношение к кибернетике. Ее прошлое и будущее» (1969) он отмечает: «Необходимо сделать, однако, два замечания. Во-первых, я напал на замечательную работу Тэйлора, ныне сэра Джеффри Тэйлора, о турбулентности, в которой ведущую роль играло понятие автокорреляции. Во-вторых, прилагая это понятие к задачам, возникающим из броунова движения, я был вынужден исследовать один класс функций, уже исследованный математиками, но считавшийся более или менее патологическим. Речь идет о непрерывных недифференцируемых функциях. Я обнаружил, что функции этого рода, далекие от мнимой нефизичности, составляют центральный пункт исследования броунова движения и распределений кривых в функциональном пространстве» (Н.Винер, 1969).

**329) Аналогия Ларса Онсагера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1968 год Ларс Онсагер (1931) сформулировал основные понятия и принципы неравновесной термодинамики (термодинамики необратимых процессов) по аналогии с понятиями и принципами классической равновесной динамики, изучающей обратимые процессы. Онсагер называл неравновесную термодинамику «квазитермодинамикой». Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) констатирует: «Онсагер предлагает строить «квазитермодинамику» по принципу динамики частиц. Там при рассмотрении динамических задач, в частности, отклонений от равновесия, основными понятиями являются понятия силы и скорости. Аналогичный метод предлагается и в «квазитермодинамике». В частности, при рассмотрении таких необратимых процессов, как диффузия, теплопроводность и электропроводность, он вводит термодинамические «силы» и «скорости». Термодинамическая сила есть величина, измеряющая степень отклонения системы от ее термодинамически равновесного состояния» (Гельфер, 1981, с.244).

**330) Аналогия Ларса Онсагера.** Л.Онсагер (1948) выдвинул предположение, согласно которому циркуляция скорости сверхтекучей компоненты жидкого гелия должна иметь квантовый характер, по аналогии с квантовым характером движения элементарных частиц (фотонов, электронов, фононов и т.д.). Онсагер также опирался на представления Ф.Лондона и Г.Лондона. Дело в том, что в 1924 г. Эйнштейн впервые обратил внимание на своеобразный фазовый переход, который имеет место в идеальной системе газа. При достаточно низких температурах в силу симметрии статистики Бозе определенная доля частиц газа переходит в квантовое состояние. Руководствуясь аналогией с точкой зрения Эйнштейна, Ф.Лондон (1938) предположил, что такое поведение характерно для фазового перехода в жидком гелии (С.Паттерман, «Гидродинамика сверхтекучей жидкости», 1978).

**331) Аналогия Джона Бернала и Ральфа Фаулера.** Английские исследователи Джон Бернал и Ральф Фаулер (1933) выдвинули гипотезу о существовании в воде трехмерной непрерывной сетки, образованной молекулами, по аналогии с существованием такой сетки в строении льда. Другими словами, Д.Бернал и Р.Фаулер перенесли в теорию строения воды принципы структуры льда, установленные ими с помощью рентгеноструктурного анализа. Что касается конкретного расположения молекул в структуре воды, то они предположили, что они расположены подобно атомам кремния в кварце. С.М.Комаров в статье «Споры о структуре воды» (журнал «Химия и жизнь», 2007, № 3) цитирует доктора химических наук Г.Г.Маленкова: «Когда в 20-е годы определили структуру льда, оказалось, что никаких ассоциатов в нем нет, а молекулы образуют трехмерную непрерывную сетку, в которой каждая молекула имеет четырех ближайших соседей, расположенных в вершинах правильного тетраэдра. В 1933 году Дж.Бернал и Р.Фаулер предположили, что подобная сетка

существует и в жидкой воде. Поскольку вода плотнее льда, они считали, что молекулы в ней расположены не так, как во льду, то есть подобно атомам кремния в минерале тридимите, а так, как атомы кремния в более плотной модификации кремнезема – кварце. (...) Таким образом, модель Бернала-Фаулера сохранила элемент двухструктурности, но главное их достижение – идея непрерывной тетраэдрической сетки» (С.М.Комаров, 2007). Об этом же пишут А.Н.Глебов и А.Р.Буданов в статье «Структурно-динамические свойства водных растворов электролитов» («Соросовский образовательный журнал», 1996, № 9), говоря о существующих структурных моделях воды: «Одну из первых таких моделей предложили Дж.Бернал и Р.Фаулер. Они предположили, что четыре ближайших соседа, характерные для льда, сохраняются и в жидком состоянии, причем эти соседи связаны направленными к углам тетраэдра водородными связями» (А.Н.Глебов и А.Р.Буданов, 1996).

**332) Аналогия Вальтера Эльзассера.** В.Эльзассер (1936) сформулировал гипотезу о том, что нейтроны должны испытывать дифракцию на кристаллах, по аналогии с фактом дифракции рентгеновских лучей на тех же кристаллах. А.И.Франк в статье «Фундаментальные свойства нейтрона: пятьдесят лет исследований» (УФН, 1982, май) указывает: «Первым, кто высказал убеждение, что движение нейтрона должно определяться волновой механикой и, следовательно, нейтроны, так же как и рентгеновские лучи, должны испытывать дифракцию на кристаллах, был, видимо, Эльзассер. Его работа появилась в 1936 г.» (Франк, УФН, 1982, с.186). Р.П.Озеров в статье «История нейтронографии и тенденции ее развития» (УФН, 1997, май) пишет о нескольких работах, в которых ставилась цель экспериментально проверить аналогию В.Эльзассера: «В первой из них теоретически исследовался процесс прохождения нейтронов через поликристаллические образцы и отмечался эффект некоторого увеличения пропускания при длине волны нейтронов более двух наибольших межплоскостных расстояний кристаллического образца. Во второй работе этот эффект в некотором роде подтверждался экспериментально. Наиболее убедительной выглядит третья работа Митчелл и Пауэрса, в которой Брэгговское рассеяние подтверждалось в современном его представлении» (Озеров, УФН, 1997, с.541).

**333) Аналогия Василия Пешкова.** В.П.Пешков (1944) предсказал существование второго звука (незатухающих колебаний температуры или энтропии) в твердом теле по аналогии с идеей Л.Д.Ландау (1938) о наличии второго звука в жидком гелии, охлажденном до сверхнизких температур. Л.П.Питаевский в статье «Второй звук в твердом теле» (журнал «Успехи физических наук», май 1968 г.) пишет: «Существование второго звука было предсказано теоретически в сверхтекучем жидком гелии Л.Д.Ландау. В 1946 г. второй звук в жидком гелии был экспериментально обнаружен В.П.Пешковым, который тогда же высказал соображения о том, что такое явление может существовать и в твердых телах» (Питаевский, УФН, 1968, с.139).



«Творческое горение было в такой же мере нормой его существования, а подчинение явлений природы достаточно настойчивому стремлению их познать казалось ему настолько привычным и естественным, что он скорее готов был досадовать по поводу неполного успеха, чем радоваться ошеломляющей удаче».

О.Писаржевский об Энрико Ферми

**334) Аналогия Энрико Ферми.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1938 год Энрико Ферми (1926) построил статистическую теорию распределения электронов (статистику Ферми-Дирака) по аналогии со статистической теорией распределения молекул газа Максвелла-Больцмана, а также по аналогии со статистикой Бозе-Эйнштейна. Независимо от

Ферми такую же статистику разработал П.Дирак (1926), поэтому указанная статистика получила название статистики Ферми-Дирака. Отличие теории Ферми-Дирака от статистики Бозе-Эйнштейна заключается в том, что во второй большую роль играет принцип неразличимости частиц света, тогда как статистика Ферми-Дирака основана на принципе запрета В.Паули, согласно которому два электрона не могут занимать одно и то же место в пространстве атома, то есть два электрона вполне различимы. Можно сказать, что Э.Ферми по аналогии распространил на статистику электронов принцип запрета Паули. Сергей Снегов в книге «Прометей раскованный» (1972) пишет о периоде годовичного пребывания Ферми в Геттингене: «...Он потерялся там среди крупных фигур, его никто не заметил в кругу блистательных Борна и Франка, Паули и Гейзенберга, Иордана и Дирака. А в статистике, носящей его имя, он с успехом применил к некоторым атомам «запрет» Паули, по которому каждый электрон имеет свое особое квантовое состояние. Но «запрет» придумал не он, это гениальное открытие Паули, он только воспользовался чужой идеей, хотя и вполне мог бы совершить такое открытие самостоятельно!» (С.Снегов, 1972).

**335) Аналогия Энрико Ферми.** Энрико Ферми (1934) построил теорию бета-распада, объясняющую механизм образования в атоме электрона и нейтрино, которые при вылете из атома уносят значительную энергию, по аналогии с теорией испускания электромагнитного излучения. Тот факт, что до испускания этого излучения, т.е. до вылета фотона из атома этого фотона в атоме нет (поскольку он образуется лишь при переходе электрона с внутренней орбиты на внешнюю), привел Ферми к мысли, что подобное явление происходит и при бета-распаде. Я.Г.Дорфман во втором томе «Всемирной истории физики» (2007) пишет: «Между тем Э.Ферми создал свою известную теорию бета-распада. Теория основана на предположении, что в ядре происходит превращение нейтрона в протон с одновременным испусканием электрона и нейтрино... Имеется значительное сходство между бета-распадом и явлением испускания фотона при переходе электрически заряженной частицы с более высокого на более низкий квантовый уровень. Подобно тому, как фотон не существует в атоме, а возникает при квантовом переходе, так и легкие частицы электрон и нейтрино возникают при переходе нуклона из квантового состояния, в котором он является нейтроном, в состояние, при котором он является протоном» (Дорфман, 2007, с.268). Э.Сегре в книге «Энрико Ферми» (1973) отмечает: «Аналогия с испусканием электромагнитного излучения и вдохновила Ферми на знаменитую статью с объяснением бета-распада» (Сегре, 1973, с.99). В.М.Цаплев, И.Г.Орехова и Е.А.Лиходаева в книге «Элементы квантовой и атомной физики», которая является 4-ой частью их пособия «Курс физики» (Санкт-Петербург, 2003) констатируют: «Теория  $\beta$ -распада была создана в 1934 году Э.Ферми по аналогии с квантовой электродинамикой, согласно которой процесс испускания и поглощения фотонов рассматривается как результат взаимодействия заряда с окружающим его электромагнитным полем. Фотоны не содержатся в атоме в готовом виде, возникают в самый момент их испускания. Их источником является заряд» (Цаплев и др., 2003, с.118). Наконец, Б.Понтекорво в статье «Нейтрино в лаборатории и во Вселенной» (сборник «Наука и человечество», 1963) не оставляет сомнений в той аналогии, которую реализовал Ферми: «Ферми, оставивший неизгладимый след во всех областях физики, не мог успокоиться только почетной ролью «крестного отца» нейтрино и создал количественную теорию процесса бета-распада, основанную на аналогии с теорией излучения квантов света возбужденным атомом. Согласно этой теории, подобно тому, как фотон рождается в процессе разрядки возбужденного состояния, а не находится заранее внутри возбужденного атома, так и атомное ядро испускает пару нейтрино-электрон в процессе бета-распада, а о существовании нейтрино и электронов внутри ядра речь идти не может» (Б.Понтекорво, 1963).

**336) Аналогия Энрико Ферми.** Э.Ферми пришел к выводу, что электрическое поле электрона, движущегося в определенной среде, не совпадает с полем этого электрона, движущегося в вакууме, а видоизменяется благодаря наличию среды, по аналогии с теорией

излучения Черенкова-Вавилова, построенной Таммом и Франком. Как известно, в теории Тамма-Франка утверждается, что движение электрона в определенной среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде, приводит к излучению света. И.Е.Тамм пишет: «Учет влияния среды на поле движущегося электрона проведен Ферми методом, вполне аналогичным примененному в теории эффекта Черенкова авторами настоящей статьи, на первую заметку которых Ферми и ссылается в этой связи» (И.Е.Тамм, «Собрание научных трудов», 1975).

**337) Аналогия Энрико Ферми.** Э.Ферми построил статистическую теорию множественного рождения элементарных частиц, участвующих в сильных взаимодействиях, по аналогии со статистической теорией поведения молекул идеального газа, созданной Гиббсом и Больцманом. Об этой аналогии удалось узнать благодаря той критике, которой подверглась указанная теория Э.Ферми со стороны И.Я.Померанчука в 1951 году. Л.Б.Окунь в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) пишет о работе Померанчука, в которой тот критически проанализировал подход Ферми: «Это был отклик на работу Э.Ферми, в которой была предложена статистическая теория множественного рождения сильновзаимодействующих частиц, в основном пи-мезонов. Согласно Ферми, объем, в котором при столкновении устанавливается статистическое равновесие рожденных частиц, должен уменьшаться с ростом энергии сталкивающихся частиц... И.Я.Померанчук отметил, что говорить о более или менее идеальном газе сильновзаимодействующих частиц (а именно пользуясь формулами для идеального газа, вел расчеты Ферми в работах) можно только в том случае, если упомянутый объем будет расти с ростом энергии, поскольку с ростом энергии растет среднее число рожденных частиц» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.199).

**338) Аналогия Энрико Ферми.** Э.Ферми (1944) ввел в физику понятие показателя преломления нейтронной волны по аналогии с понятием показателя преломления световой волны. И.М.Франк в статье «Нейтронная оптика и ультрахолодные нейтроны» (УФН, 1991, ноябрь) отмечает: «К вопросу об оптических свойствах очень холодных нейтронов можно подойти двумя путями: можно положить в основу рассмотрения средний потенциал, действующий на нейтроны в среде, или же можно сразу находить показатель преломления нейтронных волн аналогично тому, как это делается в оптике» (Франк, УФН, 1991, с.110). «Природа показателя преломления нейтронных волн, - поясняет Франк, - такая же, как и для световых волн. Падающая волна вызывает при рассеянии вторичные волны, в результате когерентного сложения которых и возникают преломленная и отраженная волны. Отличие от света состоит в том, что рассеивают в основном не атомы, а ядра. Принимая это во внимание, показатель преломления нейтронных волн можно написать по аналогии со светом» (там же, с.113). Со слов И.М.Франка, которые не оставляют сомнения в том, что Э.Ферми опирался на аналогию, «в лекциях по нейтронной физике 1945 года он говорит об аналогиях показателя преломления для нейтронов и для рентгеновских лучей» (там же, с.114). Понятие дифракции нейтронов возникло у Ферми также по аналогии с понятием дифракции света. Р.П.Озеров в статье «История нейтронографии и тенденции ее развития» (УФН, 1997, май) пишет о работах Ферми: «Наиболее важной в этом отношении была статья Э.Ферми и Л.Маршалла, в которой были определены возможности нейтронной дифракции в изучении физики и химии кристаллов и измерены амплитуды (длины) рассеяния для более чем 20 ядер, в том числе и для тех, у которых они оказались отрицательными» (Р.П.Озеров, 1997, с.542).

**339) Аналогия Энрико Ферми.** Э.Ферми (1948) выдвинул предположение о том, что механизмом образования космических частиц высоких энергий (например, высокоэнергетичных протонов) является столкновение этих частиц с магнитными полями, по аналогии с эффектом ускорения элементарных частиц в магнитном поле циклотрона Лоуренса. Эта аналогия возникла у Э.Ферми после того, как другой Нобелевский лауреат Ханнес Альфвен сообщил ему, что в нашей Галактике существуют протяженные магнитные

поля. Информация о наличии магнитных полей в космическом пространстве явилась для Э.Ферми тем недостающим звеном, которое позволяло провести указанную аналогию. Э.Сегре в книге «Энрико Ферми» (1973) отмечает: «Ханнес Альфвен, посетивший Чикаго в 1948 г., рассказал Ферми о том, что в нашей Галактике, вероятно, существуют протяженные магнитные поля. Это и было «недостающим звеном», оживившим ранние идеи Ферми. Ферми выдвинул гипотезу, согласно которой протоны ускоряются в результате соударений с обширными областями повышенной интенсивности магнитного поля и достигают при этом больших энергий, как бы черпая энергию из ее запасов в межзвездной среде. Это не было полной и окончательной теорией ускорения космических лучей, но идеи Ферми сохранили свое значение по сей день, и заметно повлияли на дальнейшее развитие представлений в этой области» (Сегре, 1973, с.233).

**340) Аналогия Энрико Ферми.** Э.Ферми пришел к гипотезе о зарядовой независимости пи-мезонов (пионов) по аналогии с идеей Брейта и Финберга (1936) о зарядовой независимости нуклонов. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988) пишет: «В 1936 г. Брейт и Финберг выдвинули гипотезу зарядовой независимости, согласно которой взаимодействие системы двух нуклонов зависит не от заряда, а только от момента и четности состояния» (Готт, 1988, с.211). «Ферми предложил, - добавляет В.С.Готт, - распространить гипотезу зарядовой независимости и на пи-мезоны» (там же, с.211).

**341) Аналогия Станислава Улама.** Польский математик С.Улам построил математическую теорию размножения нейтронов, запускающих термоядерный взрыв, по аналогии с математической теорией случайных ветвящихся процессов, основы которой были заложены Ф.Гальтоном. С.М.Улам в книге «Приключения математика» (2001) вспоминает о своей беседе с Джоном фон Нейманом: «Затем произошло еще одно совпадение. Я сказал: «Недавно я прочитал работу о ветвящихся процессах». В этой работе, написанной каким-то шведским математиком, рассматривались процессы, в которых частицы размножаются так же, как, к примеру, бактерии. Это была довоенная работа – изящная теория вероятностных процессов. Тут тоже можно было установить связь с математикой деления нейтронов» (Улам, 2001, с.128). «Что касается меня, - поясняет С.М.Улам, - то после первой своей работы над задачей Эдварда я переключил свои интересы на другие смежные вопросы, одним из которых была задача статистики нейтронного размножения. С чисто математической точки зрения она казалась мне более реальной. Задачи ветвящихся моделей я обсуждал с Дэвидом Хокинсом. Отчет по вопросу ветвящихся процессов, который мы написали, нашел практическое применение и оказался весьма кстати в проблеме начального детонирования бомбы несколькими нейтронами. Эту проблему изучали также Стэн Френкель и Фейнман, однако их подходы были более техническими и классическими. Нашу же работу можно было рассматривать как начало появившейся в скором времени теории, известной в математике под названием теории ветвящихся процессов, составившей подраздел теории вероятностей» (там же, с.137).

**342) Аналогия Отто Гана и Фрица Штрассмана.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1944 год, немецкий ученый Отто Ганн совместно с Фрицом Штрассманом (1938) пришел к мысли, что при обстреле нейтронами ядра урана можно получить еще более тяжелый элемент, которого в естественных условиях нет, руководствуясь аналогией с исследованиями супругов Фредерик и Ирен Жолио-Кюри. «В 1934 году, - пишет К.В.Рыжов, - французские исследователи супруги Фредерик и Ирен Жолио-Кюри доложили Французской Академии наук о следующем опыте: при бомбардировке пластин алюминия альфа-частицами (ядрами атома гелия) атомы алюминия превращались в атомы фосфора, но не обычные, а радиоактивные, которые в свою очередь переходили в устойчивый изотоп кремния. Таким образом, атом алюминия, присоединив один протон и два нейтрона, превращался в более тяжелый атом кремния» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**343) Аналогия Ф.Жолио-Кюри и Ф.Перрена.** Ф.Жолио-Кюри и Ф.Перрен (1938) предсказали возможность цепной ядерной реакции деления урана по аналогии с цепной неразветвленной химической реакцией, открытой М.Боденштейном (1913), и цепной разветвленной химической реакцией, обнаруженной Н.Семеновым в 1928 году. В.Азерников в книге «Великие открытия» (2000) пишет: «Речь идет о ядерной цепной реакции деления урана. Она была предсказана в 1938 году Фредериком Жолио-Кюри и Ф.Перреном и осуществлена впервые 2 декабря 1942 года в Чикагском университете итальянским физиком Энрико Ферми. Конечно, ядерная цепная реакция отличается от химической – иные частицы участвуют в ней, на ином уровне идет процесс и с иными последствиями, но формальные закономерности здесь те же и те же критические условия включают и выключают цепь. И если нельзя сказать, что физики просто позаимствовали теорию своего бывшего коллеги, то высказать предположение, что они воспользовались ее основами и тем самым значительно сократили время поисков, можно и нужно» (Азерников, 2000, с.253). Об этой же аналогии Ф.Жолио-Кюри говорит Ф.Кедров в книге «Цепная реакция идей» (1975): «В нобелевском докладе Фредерик Жолио-Кюри говорил: «Если, обратившись к прошлому, мы бросим взгляд на успехи, которые были достигнуты наукой во все убыстряющемся темпе, то мы вправе думать, что исследователи, конструируя или разрушая элементы по своему желанию, смогут осуществить ядерные превращения взрывного характера, настоящие химические цепные реакции». Дело в том, что в то время уже были известны цепные химические реакции, открытые академиком Н.Н.Семеновым, но, разумеется, не было цепных ядерных реакций...» (Ф.Кедров, 1975). «Говоря о ядерных реакциях взрывного характера, - поясняет Ф.Кедров, - супруги Жолио-Кюри, конечно, имели в виду не детонацию, а именно саморазвивающийся «цепной процесс» деления ядер. Именно так можно думать, исходя из следующих слов: «Если окажется, что такие превращения распространяются в веществе, то можно составить себе представления о том громадном освобождении энергии, которое будет иметь место» (Ф.Кедров, 1975).

**344) Аналогия Лизе Мейтнер.** Лизе Мейтнер (1938) разработала математический аппарат, необходимый для описания процесса деления атомного ядра урана, по аналогии с математическим аппаратом, использованным Джоном Стрэттом (лордом Рэлеем) при описании процесса разбиения капель жидкости на более мелкие части. Это описание имеется в двухтомной работе Рэля «Теория звука». Кроме Л.Мейтнер теорию деления урана разработали Нильс Бор и Я.И.Френкель. Лауреат Нобелевской премии по химии Н.Н.Семенов в 4-ом томе книги «Избранные труды» (2006) пишет: «В 1938 г. Ган и Штрассман открыли явление деления ядер урана под действием медленных нейтронов. Первоначально они ставили задачу получения трансурановых элементов, но вместо этого открыли принципиально новое явление радиоактивного деления ядра урана (как оказалось впоследствии, ядра изотопа урана-235) на два осколка, являющихся ядрами средних элементов. В соответствии с кривой дефекта массы такое деление связано с выделением очень большой энергии. Через несколько месяцев после этого открытия Френкель, а затем Бор дали теорию явления, исходя из аналогии между делением ядра и делением капли жидкости, заряженной по всему объему одноименным электричеством» (Семенов, 2006, с.393).

**345) Аналогия Сергея Христиановича.** С.А.Христианович (1937) получил ряд важных результатов в теории распространения нелинейных волн в каналах и реках по аналогии с результатами из теории распространения волн в газе, то есть по аналогии с идеями и методами из газовой динамики, полученными Риманом, Адамаром и другими учеными. А.Т.Григорьян и И.Б.Погребынский в книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) подчеркивают: «С.А.Христиановичем и другими была установлена близкая аналогия между задачами о плоском установившемся течении в газовой динамике, задачами о

распространении упруго-пластических волн в стержнях, задачами о неустановившемся течении воды в каналах и реках, задачами о предельном равновесии идеально-пластической или сыпучей среды (во всех случаях приходится иметь дело с некоторыми системами квазилинейных уравнений гиперболического типа)» (Григорьян, Погребысский, 1972, с.279). О существовании аналогии между некоторыми задачами гидродинамики и аэродинамики в свое время писал еще Н.Е.Жуковский. По свидетельству Григорьяна и Погребысского, «большой интерес для исследователей представляли данный Н.Е.Жуковским теоретический анализ течений со сверхзвуковой скоростью в каналах (1919) и исследование им аналогии между движением воды в открытом канале и движением газа в трубах (сообщено в 1912 г.)» (там же, с.317).

**346) Аналогия Сергея Христиановича.** С.А.Христианович использовал в аэродинамике больших скоростей и в теории пластичности метод характеристик, по аналогии с использованием данного метода при расчете неустановившегося движения в каналах и реках. В.Фомин и А.Харитонов в статье «90 лет со дня рождения Сергея Алексеевича» (журнал «Наука в Сибири», 1998, № 41- 42) пишут о выдающемся механике: «До 1935 г. он работал в Ленинграде в Гидрогеологическом институте. В этот период Сергей Алексеевич создал оригинальный метод расчета неустановившегося движения в каналах и реках. В этой работе получил развитие метод характеристик, который сам Сергей Алексеевич и впоследствии многие ученые широко использовали в аэродинамике больших скоростей и теории пластичности» (В.Фомин, А.Харитонов, 1998).

**347) Аналогия Георгия Гамова.** Выдающийся русский физик, автор горячей модели Вселенной Георгий Гамов (1928) построил теорию вылета альфа-частиц из атомного ядра, используя понятие туннельного эффекта, по аналогии с теорией распространения световых лучей сквозь узкие щели. Согласно теории Гамова, альфа-частица может просочиться из ядерной ямы через потенциальный барьер ядерных сил даже в том случае, если ее энергия недостаточна, чтобы его преодолеть. В этом суть квантового туннельного эффекта. Аналогом этого эффекта является процесс распространения и дифракции световых волн. Для видимого света, когда ширина зазора между двумя кусками стекла сравнима с длиной его волны, часть излучения все-таки проникнет через воздушный зазор из первого куска стекла во второй. Историк науки Л.И.Пономарев в книге «Под знаком кванта» (1989) подчеркивает: «Именно это оптическое явление наиболее близкий аналог туннельного эффекта в квантовой физике» (Пономарев, 1989). Теория распространения света сквозь узкий зазор, ширина которого сравнима с длиной волны света, была построена русским ученым Мандельштамом в 1914 году. Руководствуясь принципом неопределенности Гейзенберга, Мандельштам и сам высказывал идею, что частица может пройти сквозь потенциальный барьер атомного ядра. Впоследствии И.Е.Тамм упрекал Г.Гамова в том, что тот в своей работе по альфа-распаду не сослался на Мандельштама. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) раскрывает аналогию Гамова: «Но если связывать частицу с волной, то, как показал Гамов, потенциальный барьер ведет себя по отношению к этой волне как преломляющая среда по отношению к световой волне. И как световая волна, падающая на среду с небольшим поглощением, всегда проникает в эту среду... а если слой среды очень тонкий, то проходит сквозь него, так же и волна, соответствующая частице, падающей на потенциальный барьер, пересекает этот барьер, хотя и сильно ослабленная, даже если энергия частицы недостаточна для его прохождения» (Льоцци, 1970, с.425). О том, что Гамов построил теорию вылета альфа-частиц из атомного ядра по аналогии с исследованиями Мандельштама, пишет С.М.Рытов в книге «Воспоминания об академике М.А.Леонтовиче» (1990). Упомянув о статье, написанной в 1928 году Мандельштамом совместно с Леонтовичем, С.М.Рытов указывает: «В этой последней работе, опубликованной совместно с Мандельштамом в 1928 г., впервые была решена задача о квантово-механическом туннелировании микрочастицы через энергетический барьер, непреодолимый в рамках классической механики. Вскоре Г.А.Гамов,

опираясь на эту работу (хотя и не сославшись на нее), дал объяснение радиоактивного альфа-распада» («Воспоминания об академике М.А.Леонтовиче», 1990, с.36).

**348) Аналогия Джона Кокрофта.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1951 год Джон Кокрофт (1928) пришел к идее о способности альфа-частиц, которым с помощью ускорителя элементарных частиц сообщена определенная энергия, проникать в ядро атома, несмотря на силы отталкивания между ними, по аналогии с теорией туннелирования альфа-частиц Д.Гамова. Другими словами, идея Д.Кокрофта о способности альфа-частиц малой энергии проникать в ядро возникла по аналогии с идеей Д.Гамова о способности альфа-частиц вылетать из ядра за счет квантового туннелирования. Эта идея Д.Кокрофта привела его вместе с Эрнестом Уолтоном к созданию одного из первых ускорителей частиц. М.Амусья и М.Перельман в электронной статье «Три его открытия были достойны Нобелевской премии», опубликованной в журнале «Вестник» (2004) пишут о теории туннелирования частиц Д.Гамова: «Первое же практическое применение этого туннельного перехода произошло так. В лаборатории Резерфорда работал Дж.Кокрофт. Вместе с П.Л.Капицей он разрабатывал мощные магниты и решил применить их для ускорения тех же альфа-частиц. Но как это сделать? Все альфа-частицы одинаково заряжены и потому друг от друга отталкиваются. Но тут Кокрофт прочитал статью Гамова 1928 г. о том, что альфа-частицы могут туннелировать сквозь барьер, хотя, согласно классической теории, это невозможно. Когда Гамов посетил Кавендишскую лабораторию, Кокрофт расспросил его о возможности обратного процесса, о том, могут ли альфа-частицы малой энергии проникнуть в ядро, несмотря на силы отталкивания. Гамов подсчитал, что такие случаи можно обнаружить, если направить на ядро достаточно большое число альфа-частиц, т.е. фактически заложил основы теории таких ускорителей. И в 1932 г. ускоритель Кокрофта-Уолтона был построен (его создание и полученные результаты увенчаны Нобелевской премией по физике 1951 г., Гамов в решении Нобелевского комитета не упоминался. Впрочем, за открытия, в основе которых лежат явления туннелирования, присуждено с тех пор много таких премий)» (А.Амусья, М.Перельман, 2004).

**349) Аналогия Петра Капицы.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1978 год П.Л.Капица выдвинул гипотезу о том, что шаровая молния возникает за счет коротковолновых электромагнитных колебаний, а источником энергии ее свечения являются интенсивные радиоволны, подводимые к ней извне, следующим образом. П.Л.Капица проводил у себя на даче эксперименты, в которых необычное свечение плазмы возникало в поле излучения мощных генераторов высокочастотных радиоволн. По аналогии с этими экспериментами он и пришел к своей гипотезе. В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) указывает: «Сразу после войны знаменитый советский ученый П.Л.Капица создал во дворе своей дачи на Николиной горе «Избу физических проблем» - собственную лабораторию, оснащенную несложной техникой, приборами и станками. Здесь он обратился к совершенно новому классу физических задач – созданию мощных, непрерывно действующих генераторов сверхвысоких частот. Предварительно он решил сложную теоретическую задачу о движении электронов в генераторах сверхвысокочастотных колебаний. Ему помогал сын Сергей и один из сотрудников» (Карцев, 1986, с.15). «При одном из испытаний, - пишет В.Карцев, - излучение ниготрона пропускалось через кварцевый шар, наполненный гелием. Вдруг вспыхнуло сильное, имеющее четкие границы, свечение. Через несколько секунд шар в одном месте проплавился, и свечение исчезло. Это, казалось бы, незначительное событие навело Капицу на мысль о сходстве того, что произошло в кварцевом шаре, с шаровой молнией. Он предположил, что шаровая молния получает энергию «со стороны» - при помощи высокочастотного излучения, возникающего в грозовых облаках после обычной молнии» (там же, с.16). «Шаровая молния, - продолжает В.Карцев, - это объемный колебательный контур, решил П.Л.Капица. Сравнив шаровую молнию с облаком, образовавшимся после атомного взрыва и «высвечивающимся» в течение десятка секунд,

Капица пришел к выводу, что молния должна высвечиваться в сотую долю секунды. (...) Молния улавливает радиоволны, возникающие во время грозových разрядов» (там же, с.16).

**350) Аналогия П.Л.Капицы и Е.К.Завойского.** П.Л.Капица и Е.К.Завойский (начало 40-х годов 20 века) пришли к мысли о существовании электронного парамагнитного резонанса (явления поглощения электромагнитных волн в парамагнетике при определенном значении частоты этих волн) по аналогии с явлением ферромагнитного резонанса (явления поглощения электромагнитных волн в ферромагнетике при определенном значении частоты этих волн). Явление ферромагнитного резонанса было открыто в 1913 году учеником П.Н.Лебедева В.К.Аркадьевым. В 1943 году Капица и Завойский экспериментально обнаружили эффект парамагнитного резонанса, в существование которого верили до проведения экспериментов. Независимо от Капицы и Завойского явление парамагнитного резонанса было предсказано Я.Г.Дорфманом (1923), который пришел к заключению, что магнитное резонансное поглощение должно наблюдаться при соответствующих частотах в ферромагнитных и парамагнитных телах при наличии постоянного внешнего магнитного поля. При этом Я.Г.Дорфман исходил из исследований А.Эйнштейна и П.Эренфеста (1922), которые указали, что переориентация орбитальных атомных магнетиков в молекулярном пучке в присутствии постоянного магнитного поля должна сопровождаться поглощением или испусканием радиочастотных квантов. Во 2-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) Дорфман сам признается, что в 1923 году он теоретически предсказал эффект избирательного поглощения электромагнитных волн в парамагнетиках по аналогии с явлением избирательного поглощения электромагнитных волн в ферромагнетиках, которое было обнаружено русским физиком В.К.Аркадьевым в 1913 году. «Дорфман высказал предположение, - пишет ученый о себе, - что эффект Аркадьева заключается в такого рода переходах атомов ферромагнетика и сделал заключение, что аналогичный эффект должен наблюдаться и в парамагнетиках. Этот ожидаемый эффект, ныне именуемый электронным парамагнитным резонансом (ЭПР), он назвал «фотомагнитным» эффектом. Следует, однако, заметить, что в 1923 г. спин электрона был еще неизвестен и речь шла об орбитальных моментах электронов» (Дорфман, 2007, с.300).

**351) Аналогия Феликса Блоха и Эдуарда Парселла.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1952 год Феликс Блох и Эдуард Парселл (1945) пришли к выводу о возможности обнаружить эффект ядерного магнитного резонанса, если проводить эксперимент в конденсированном веществе, по аналогии с экспериментом Исидора Раби, который изучал магнитный резонанс в молекулярном пучке в газовой фазе. Лауреат Нобелевской премии по химии за 1991 год Рихард Эрнст в книге И.Харгиттай «Откровенная наука» (2003) вспоминает: «Все началось с работ Феликса Блоха, тоже швейцарца, переехавшего в США и работавшего в Станфорде, и Эдуарда Перселла из Гарварда. Они одновременно в 1945 г. проводили первые эксперименты с ЯМР в конденсированной фазе. Однако самые первые эксперименты по магнитному резонансу провел Исидор Раби в 1939 г., это были эксперименты в газовой фазе в молекулярном пучке. Отсюда можно было сделать вывод, что подобные опыты можно осуществить и в конденсированном веществе» (Харгиттай, 2003, с.272). Лауреат Нобелевской премии по физике за 1955 год Поликарп Куш в статье «Магнитный момент электрона» (УФН, 1967, сентябрь) подчеркивает роль исследований Раби в формулировке разных идей, возникших на основе этих исследований: «В 1937 г. Раби выдвинул очень важную идею. Его открытие метода магнитного резонанса для молекулярных пучков, в известном смысле, послужило истоком почти всей современной спектроскопической техники – метода ядерного магнитного резонанса, микроволновой спектроскопии, оптической накачки, парамагнитного резонанса и многих других спектроскопических методов. Метод Раби, в своей основе спектроскопический, в то же время был первым методом, в котором работа велась с радиочастотным полем. До этого в

спектроскопии работали лишь с оптическими частотами (или длинами волн), т.е. с частотами оптической части спектра» (Куш, УФН, 1967, с.163).

**352) Аналогия Семена Альшулера.** С.А.Альшулер (1952) выдвинул гипотезу о существовании акустического парамагнитного резонанса, то есть резонансного поглощения звуковых колебаний парамагнитными частицами, по аналогии с явлением электронного парамагнитного резонанса, то есть резонансным поглощением электромагнитных волн в парамагнетике, которое было открыто Е.К.Завойским (1943). С.А.Альшулер сам говорит о том, что акустический парамагнитный резонанс (АПР) является аналогом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). В статье «Парамагнитное поглощение звука» (журнал «Успехи физических наук», 1961, ноябрь) он пишет: «В последние годы наряду с принятыми широкий размах исследованиями поведения парамагнетиков в переменных магнитных полях успешно развивалось также изучение поглощения энергии звукового поля телами, содержащими парамагнитные частицы. Сначала теоретически было рассмотрено резонансное поглощение звука, представляющее собой аналог парамагнитного резонанса. Затем были проведены детальные расчеты величины данного эффекта для различных типов парамагнетиков (кристаллы, содержащие ионы группы железа, редкоземельные соединения, металлы) при допущении различных механизмов взаимодействия парамагнитных частиц со звуковым полем» (Альшулер, 1961, с.459). В другом месте той же статьи С.А.Альшулер высказывается еще более определенно: «Резонансное парамагнитное поглощение звука в стационарном режиме, как уже отмечалось, является аналогом обычного парамагнитного резонанса» (там же, с.488). Наконец, в конце той же статьи С.А.Альшулер вновь подчеркивает указанную аналогию: «Мы рассмотрели парамагнитное поглощение звука в основных типах парамагнетиков и обсудили имеющиеся экспериментальные данные. Всюду указывалось на аналогию между рассматриваемыми эффектами и действием на парамагнетики радиочастотного электромагнитного поля» (там же, с.497).

**353) Аналогия Корнелиса Гортера.** Корнелис Гортер теоретически предсказал релаксационное нерезонансное акустическое поглощение в парамагнетиках по аналогии с нерезонансным парамагнитным поглощением в параллельных магнитных полях. В статье «Парамагнитное поглощение звука» (журнал «Успехи физических наук», 1961, ноябрь) С.А.Альшулер отмечает: «Наряду с акустическим парамагнитным резонансом должно существовать также нерезонансное поглощение звука, представляющее собой аналог парамагнитного поглощения в параллельных магнитных полях. Вопрос о нерезонансном акустическом парамагнитном поглощении был недавно рассмотрен теоретически; при этом было показано, что современные экспериментальные средства позволяют сравнительно легко обнаружить этот эффект» (Альшулер, 1961, с.459). Об этой же аналогии С.А.Альшулер говорит в другом месте той же статьи: «Если продолжить аналогию между парамагнитным поглощением звука и электромагнитного поля, то релаксационное поглощение звука в парамагнетике есть аналог хорошо известного явления поглощения электромагнитной энергии при параллельной ориентации постоянного и переменного магнитных полей» (там же, с.493).

**354) Аналогия Абрама Иоффе.** А.Ф.Иоффе (1939) выдвинул идею о замене традиционных электромагнитных генераторов промышленной электроэнергетики электростатическими генераторами с целью повышения КПД и мощности, приходящейся на единицу веса генератора, по аналогии с разработками Р.Ван де Граафа, а именно по образцу с его весьма мощным электростатическим ускорителем элементарных частиц. В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов в книге «Эйнштейн: изобретения и эксперимент» (1990) отмечают: «Интерес к электростатическим машинам вновь пробудился только к началу 30-х годов, когда американский физик Р.Ван де Грааф высказал идею, а затем и построил свой знаменитый высоковольтный генератор с полым шаровым электродом... Как известно, в этом генераторе

заряд непрерывно переносится бесконечной транспортной лентой внутрь шарового электрода и по законам электростатики распределяется на его внешней поверхности, потенциал которой постоянно растет. Вдохновленный успехами генераторов Ван де Граафа, академик А.Ф.Иоффе выдвигает в конце 30-х годов идею о возможности замены традиционных электромагнитных генераторов промышленной электроэнергетики электростатическими. Под его руководством в Ленинградском физико-техническом институте развернулись работы по созданию мощных электростатических генераторов (с началом войны они были прерваны). Основной задачей этих работ было повышение КПД и мощности, приходящейся на единицу объема (или веса) генератора» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990). «После войны, - добавляют В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов, - разработки мощных электростатических генераторов дискового типа были возобновлены и у нас в стране, и за рубежом. Хотя идея перехода от электромагнитной электроэнергетики к электростатической не оправдалась, ряд моделей мощных и компактных электростатических генераторов с успехом используются в различных отраслях народного хозяйства» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990).

**355) Аналогия Якова Дорфмана.** Я.Г.Дорфман (1923) предсказал явление избирательного поглощения электромагнитных волн в парамагнетиках по аналогии с явлением избирательного поглощения электромагнитных волн в ферромагнетиках, которое было обнаружено русским физиком В.К.Аркадьевым в 1913 году. Смысл открытия В.К.Аркадьева раскрывает В.Н.Лазукин в статье «Циклотронный резонанс» (УФН, 1956, июль): «В 1913 г. В.К.Аркадьев наблюдал избирательное поглощение коротких радиоволн ферромагнитными проволоками. Развитое им классическое объяснение эффекта основывалось на представлении о резонансном характере колебаний элементарных магнитных диполей под действием магнитного поля Н. Позже Я.Г.Дорфман дал квантовую интерпретацию явления» (В.Н.Лазукин, УФН, 1956). Я.Г.Дорфман исходил также из исследований А.Эйнштейна и П.Эренфеста (1922), которые указали, что переориентация орбитальных атомных магнетиков в молекулярном пучке в присутствии постоянного магнитного поля должна сопровождаться поглощением или испусканием радиочастотных квантов. Во 2-ом томе книги «Всемирная история физики» (2007) Дорфман сам признается, что в 1923 году он теоретически предсказал эффект избирательного поглощения электромагнитных волн в парамагнетиках по аналогии с исследованиями В.К.Аркадьева. «Дорфман высказал предположение, - пишет ученый о себе, - что эффект Аркадьева заключается в такого рода переходах атомов ферромагнетика и сделал заключение, что аналогичный эффект должен наблюдаться и в парамагнетиках. Этот ожидаемый эффект, ныне именуемый электронным парамагнитным резонансом (ЭПР), он назвал «фотомагнитным» эффектом. Следует, однако, заметить, что в 1923 г. спин электрона был еще неизвестен, и речь шла об орбитальных моментах электронов» (Дорфман, 2007, с.300).



«Френкеля не зря называли генератором идей: его творческая активность была необычайной, ежегодно он публиковал около десятка научных статей, в одно и то же время занимаясь и вопросами движения в релятивистской квантовой механике, и корпускулярным аспектом материи, и катанием капель на поверхности твердых тел, и возможностью замены твердых шарикоподшипников «каплеподшипниками».

Жорес Алферов о Якове Ильиче Френкеле

**356) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1924) разработал первый вариант теории металлов по аналогии с боровской теорией атома. Эта теория сменила концепцию Друде-Лоренца, в которой электроны проводимости рассматривались как свободные частицы,

подобные молекулам газа. В теории Френкеля утверждается, что валентные электроны в металле принадлежат всей его кристаллической решетке, не связаны с определенным атомом, а, попадая в сферу влияния атомов решетки, переходят от одного к другому, блуждая по металлу. Френкель пришел к мысли о том, что валентный электрон очень далеко удаляется от своего атома и приближается при этом к атому-соседу, по аналогии с представлениями Н.Бора о роли валентных электронов образовании молекулы водорода. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) отмечает: «Положение здесь аналогично тому, которое характерно для образования молекулы по Бору. Молекула водорода, например, состоит из двух ядер водорода – протонов, которые окружают и одновременно сцепляют в единое целое два электрона. Каждый из них принадлежит при этом молекуле в целом и не имеет своего хозяина» (В.Я.Френкель, 1966, с.141).

**357) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1927) пришел к выводу о существовании в твердом теле электронных волн, поведение которых можно описать так же, как описывается поведение световых волн, распространив по аналогии на твердые тела идею Луи де Бройля (1924) о наличии волновых свойств у материи. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) констатирует: «Яков Ильич распространил формулу де Бройля на электроны, блуждающие по металлическому телу» (В.Я.Френкель, 1966, с.199).

**358) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1927) выдвинул гипотезу о том, что в твердом теле тепловое движение создает на пути электронных волн флуктуации плотности, на которых происходит рассеяние электронных волн, по аналогии с рассеянием световых лучей на флуктуациях плотности воздуха. Факт рассеяния световых лучей на флуктуациях плотности воздуха был открыт М.Смолуховским (1907). В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) пишет: «Повышение температуры приводит к искажению кристаллической решетки не только за счет перехода от идеальной решетки к реальной... но и потому еще, что тепловое движение будет создавать на пути электронных волн флуктуации плотности (сгущения и разряжения), на которых и происходит рассеяние электронных волн. Таким образом, ситуация, имеющая место в металлических телах, аналогична той, которая разыгрывается при прохождении обычного видимого света через атмосферу: свет рассеивается на флуктуациях плотности воздуха, благодаря чему мы, как известно, и видим небо. Правда, аналогия эта не является полной: например, коэффициент рассеяния видимого света не зависит от температуры, а в твердых телах он ведет себя совершенно иначе, возрастая с ростом температуры» (В.Я.Френкель, 1966, с.199).

**359) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель использовал понятие подвижных дырок в теории металлов (диэлектриков, полупроводников и проводников) по аналогии с теорией позитрона Дирака, в которой позитроны отождествлялись с дырками (вакантными местами) в море электронов с отрицательной энергией. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) констатирует: «В 1926 г. Яков Ильич писал: «Принимая во внимание подвижность дырок, можно рассматривать их как своего рода «отрицательные атомы», которые, в противоположность обычным атомам, не могут, однако, подвергаться диссоциации». Интересно сопоставить приведенное высказывание, да и всю изложенную выше теорию с теорией позитрона Дирака, оказавшей такое огромное влияние на развитие квантовой механики» (В.Я.Френкель, 1966, с.123). «Соответствие, - добавляет В.Я.Френкель, - между введенным Дираком понятием позитрона как дырки в океане электронов с отрицательной энергией и дыркой в кристаллической решетке (по Френкелю) представляется очевидным» (там же, с.123). Таким образом, мы видим, что Я.И.Френкель создавал теорию металлов, последовательно перенося в нее важные результаты, полученные в квантовой механике: 1) теорию Бора об образовании молекулы водорода, 2) идею де Бройля о наличии волновых свойств у вещества, 3) гипотезу Дирака о позитронах как дырках (вакантных местах) в море электронов с отрицательной энергией.

**360) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1925) построил теорию физических свойств жидкости по аналогии со своей теорией физических свойств твердого тела. Френкель опирался на опыты Майера (1911), который обнаружил, что жидкости оказывают сопротивление растяжению. Наряду с тем, что плотность жидкостей мало отличается от плотности твердых тел, находка Майера подтолкнула Френкеля к идее об аналогии между жидкостью и твердым телом. Френкель перенес на жидкости понятие искажений в кристаллической решетке твердого тела, идею о наличии пустых узлов в этой решетке, то есть своеобразных дырок, которые создают дополнительные возможности для проявления теплового движения и определяют миграцию атомов или ионов с занятых узлов в соседние пустые. Основанием для проведения такой аналогии была уверенность Френкеля в том, что жидкость по своим свойствам стоит ближе к твердым телам, чем к газам. Френкель не сомневался в том, что жидкость обладает квазикристаллической структурой, которая отличается от структуры кристаллов твердых тел тем, что в жидкости имеется очень много вакантных узлов решетки, не занятых атомами. А.И.Ансельм в статье «Яков Ильич Френкель» (УФН, 1952, июль) пишет: «В 1925 г. Я.И.Френкель выдвинул плодотворную идею об аналогии между жидким и твердым (кристаллическим) состояниями. В самом деле, расстояния между соседними атомами в жидкостях и кристаллах одного и того же порядка. Это приводит к примерно одинаковому взаимодействию между атомами в твердых и жидких телах. Я.И. подчеркивал, что это обстоятельство должно сказаться не только на одинаковости некоторых макроскопических свойств обоих агрегатных состояний, но и на сходстве их внутренней молекулярной структуры» (Ансельм, УФН, 1952, с.470). Об этом же пишет Н.Мотт в книге «Воспоминания о Я.И.Френкеле» (1976): «Френкель очень рано понял, что жидкости, подобно твердым телам, должны обладать высокой степенью ближнего порядка и что движение молекул в жидкостях носит такой же колебательный характер, как и в кристаллах, а потому их и не следует описывать в терминах длины свободного пробега, характерных для газа» (Н.Мотт, 1976).

**361) Аналогия Якова Френкеля.** Френкель построил теорию перехода атома или иона из узла решетки в междоузлие, основываясь на экспериментах лауреата Нобелевской премии по химии за 1943 год Георга Хевеши (1920), проведенных с помощью метода меченых атомов. Эти эксперименты позволили обнаружить явление взаимного проникновения атомов двух металлических тел, приведенных в тесный контакт (эффект самодиффузии). Эксперименты Г.Хевеши по аналогии наводили на мысль, что тепловое движение в твердых кристаллических телах не сводится к колебаниям атомов в узлах кристаллической решетки (В.Я.Френкель, «Яков Ильич Френкель», 1966).

**362) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель нашел формулу, описывающую время колебаний атома в узле кристаллической решетки твердого тела, по аналогии со своей формулой для времени колебаний адсорбированного атома на поверхности металла. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) подчеркивает: «Переход атома (или иона) из узла решетки в междоузлие Яков Ильич трактовал как своеобразное его «испарение». Время, которое атом проводит, совершая колебания в узле кристаллической решетки, описывается формулой того же типа, которая была выведена Яковом Ильичем для соответствующих колебаний адсорбированного атома на поверхности – с той разницей, что в последнем случае принимались во внимание колебания в одном (перпендикулярном к поверхности) направлении, а в рассматриваемом случае – во всех трех» (В.Я.Френкель, 1966, с.118).

**363) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель вывел знаменитую формулу, описывающую вязкость атомов жидкости, по аналогии с формулой, выведенной Стоксом и описывающей вязкость жидкости без предположения о том, что жидкость состоит из атомов. Другими

словами, Френкель распространил на атомы классическую формулу Стокса для вязкости жидкости. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) пишет: «Формула Стокса оказывается справедливой при очень малых радиусах, и Эйнштейн в свое время применил ее для измерения радиуса молекулы сахара, растворенного в воде, трактуя эту молекулу как шарик и используя известное значение коэффициента вязкости воды. Яков Ильич в этом направлении идет дальше, он применяет формулу Стокса к атомам самой жидкости...» (В.Я.Френкель, 1966, с.121). «При оценке приведенного наглядного вывода формулы для вязкости, - поясняет В.Я.Френкель, - может возникнуть вопрос о законности распространения макроскопической формулы Стокса на микроскопические объекты – атомы. Яков Ильич специально останавливается на этом вопросе и показывает, почему такое рассмотрение оказывается возможным» (там же, с.122).

**364) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель создал теорию ферромагнетизма, в которой объяснил данное явление обменным взаимодействием электронов, по аналогии с явлением спин-орбитального взаимодействия в отдельных атомах. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) пишет о своем отце: «Яков Ильич обратил внимание на то, что для электронного газа в металлах должен иметь место эффект, аналогичный спин-орбитальному взаимодействию в отдельных атомах» (В.Я.Френкель, 1966, с.220). Детализируя ход рассуждений Я.И.Френкеля, которые привели его к правильной теории ферромагнетизма, В.Я.Френкель указывает: «Второе обстоятельство, отмеченное Я.И.Френкелем, сводится к тому, что для объяснения ферромагнетизма следует привлечь не только статистику Паули-Ферми в том же духе, как это было сделано Паули на разобранный выше примере парамагнетизма электронного газа, но и представление о так называемом обменном взаимодействии между электронами. Это представление было введено Гейзенбергом (при построении теории атома гелия), и Яков Ильич первый показал, что обменное взаимодействие и связанная с ним дополнительная энергия электронного газа играют кардинальную роль в явлении ферромагнетизма, которое и было им (качественным образом) объяснено на этой основе. Более подробно и независимо это же было несколько позднее сделано самим Гейзенбергом» (там же, с.220).

**365) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1931) разработал теорию, описывающую поглощение света твердыми диэлектриками, по аналогии с математической теорией колебания струны. Френкель представил идеальный кристалл, состоящий из атомов одного и того же сорта, колеблющихся с одной и той же частотой, как аналогичный струнам, настроенным на одну и ту же частоту. Если к нему поднести звучащий камертон, то резонировать будут все струны. Если возбудить одну из них, то колебаться начнут все. Эта простая аналогия, которую развивал также И.М.Лифшиц, позволяет понять, что и какое-либо возбуждение, переданное одному из атомов решетки, не локализуется на нем, а воспринимается решеткой в целом, передаваясь от атома к атому в виде волны возбуждения (В.Я.Френкель, «Яков Ильич Френкель», 1966).

**366) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1936) вывел формулу вероятности вылета нейтрона из возбужденного атомного ядра по аналогии с термодинамической формулой зависимости скорости испарения от температуры и теплоты связи. Френкель считал, что процесс соприкосновения падающего нейтрона с поверхностью атомного ядра похоже на прилипание молекулы пара к поверхности тела. В статье «К статистической теории распада атомных ядер» (1938) он провел аналогию между распадом возбужденного ядра и испарением кристалла каменной соли. Следует подчеркнуть, что Френкель одним из первых предложил рассматривать тяжелые атомные ядра, состоящие из большого числа протонов и нейтронов, как физические объекты, к которым можно применять принципы статистической физики и, в частности, понятие температуры. Так, переход ядра на возбужденный уровень можно рассматривать как повышение его температуры, следствием которого может явиться

испарение нейтрона или протона с поверхности атомного ядра. В 1936 году Френкель в письме Бору признается о своем желании приложить к теории атомного ядра термодинамические принципы: «Я должен признаться Вам, что немедленно попытался приложить к ней общие принципы теории твердых тел и, введя идею о температуре для описания ядра, возбужденного за счет «адсорбции» присоединившегося нейтрона, оценить вероятность его дезинтеграции – с использованием хорошо известных соотношений для вероятности процессов испарения» (В.Я.Френкель, 1966, с.332). Бор отвечает в письме Френкелю: «Аналогия между испусканием нейтрона из возбужденного ядра и хорошо известным процессом испарения, о которой Вы упоминаете в Вашем письме, хотя и подкупает, но будет обоснована только в случае очень «высоких» возбуждений, при которых ядро могут покинуть не только один, но и большее число нейтронов...» (там же, с.333). Впоследствии в одной из своих лекций Н.Бор писал: «Френкель впервые предложил применить к вероятности вылета нейтрона из составного ядра обычную формулу для испарения» (там же, с.335). В книге «Физики о себе» (1990) Я.И.Френкель отмечает: «Работы в области микроскопических тел – твердых и жидких – привели меня к приложению понятия температуры к отдельным молекулам со сложной структурой (1928 г.), а позднее (1936 г.) – к возбужденным атомным ядрам. Эти идеи дают возможность трактовать диссоциацию молекулы и распад возбужденного ядра по аналогии с испарением обычных твердых и жидких тел. Последняя идея представляется мне весьма существенной для описания ядерных процессов» («Физики о себе», 1990, с.95).

**367) Аналогия Якова Френкеля.** Френкель разработал капельную модель ядра атома, когда обнаружил аналогию между делением атомного ядра и делением капли жидкости. Я.Е.Гегузин в книге «Капля» (1977) пишет об этой аналогии Я.И.Френкеля, которую он объяснил студентам на одной из лекций: «Формул профессор почти не писал. Нарисовав мелом на доске водопроводный кран с набухающей каплей на конце, он начал рассказывать об аналогии между каплей воды и каплей ядерной жидкости – атомным ядром. До достижения некоторого размера капля на кончике крана устойчива: по крану можно щелкнуть, и капля не оборвется (он щелкнул по нарисованному крану). Когда же, набухая, капля достигнет определенного размера, она сама оборвется. И неожиданно заключил: периодическая система потому и оканчивается на уране, что тяжелая капля ядерной жидкости – ядро урана – велика и находится на пределе устойчивости, подобно той капле воды на кончике крана, которая вот-вот оторвется от него. Когда после этого, как само собой разумеющееся, он предсказал возможность спонтанного деления ядра урана, возникло ощущение провидения» (Я.Е.Гегузин, 1977). «Термин «деление» применительно к ядру, - замечает Я.Е.Гегузин, впервые использовала Лизе Майтнер – выдающийся немецкий физик. Она, однако, имела в виду аналогию не с каплей, а с амебой. Аналогия со сферической каплей, которая не деформируется тяжестью, оказалась значительно более глубокой и содержательной» (Я.Е.Гегузин, 1977). Об этой же аналогии Френкеля пишет Б.Черногорова в книге «Беседы об атомном ядре» (Москва, «Молодая гвардия», 1976): «Единственная цель поисков чего-то общего между ядром и каплей состояла в том, чтобы, опираясь на эту аналогию, вычислить массу ядра, объяснить результаты ядерных реакций. То есть обойти главный недостаток ядерной физики – незнание закона ядерного взаимодействия. Как только было доказано, что ядро аналогично капле воды, стало возможным пытаться примерять к нему и другие особенности этого макрообъекта и самую главную – поверхностное натяжение в капле» (Черногорова, 1976, с.48).

**368) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель построил теорию внутреннего строения белых карликов (звезд определенной категории) по аналогии со своими предыдущими исследованиями электронных свойств металлов. В этих исследованиях Френкель выяснил, что энергия электронов (электронного газа) того или иного металла увеличивается с уменьшением объема и что такой электронный газ должен сопротивляться объемному

сжатия, что объясняет силы отталкивания между атомами металла. Другими словами, Френкель пришел к выводу о существовании в недрах белых карликов сил отталкивания электронов, сопротивляющихся объемному сжатию, по аналогии с наличием таких электронных сил отталкивания в металле. Описание этой аналогии можно найти в книге «Я.И.Френкель. Воспоминания. Письма. Документы» (1986).

**369) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1931, 1947) построил экситонную теорию полупроводников по аналогии со своей же экситонной теорией диэлектриков. Как известно, в процессе фотоэффекта, открытого Г.Герцем и объясненного А.Эйнштейном, фотон с определенной энергией выбивает из поверхности металлов электрон. Но бывают случаи, когда энергии фотона не хватает для того, чтобы выбить электрон. В этом случае атом металла, с которым столкнулся фотон, становится возбужденным, то есть в этом атоме происходит переход электрона с основного уровня на уровень возбуждения. Руководствуясь аналогией с теорией фотоэффекта Эйнштейна, который объяснил способность света выбивать электроны из металла квантовой природой света, Френкель решил, что возбуждение самого атома, столкнувшегося с фотоном, также имеет квантовую природу. Подобно тому, как Эйнштейн назвал кванты света фотонами, Френкель назвал возбуждение, перемещающееся прямолинейно и равномерно вдоль ряда атомов в виде некой виртуальной частицы, экситоном. Как указывает В.Я.Френкель, с диэлектриков Я.И.Френкель распространил экситонную теорию на полупроводники. Мысль Френкеля о том, что легкий экситон, двигаясь по кристаллу, ведет себя так, как если бы он влачил за собой тяжелый груз атомных смещений, возникла у него по аналогии с представлением Ландау (1932) о неоднородности в решетке, создаваемой электроном (В.Я.Френкель, «Яков Ильич Френкель», 1966). В книге «Физики о себе» (1990) Я.И.Френкель подчеркивает: «В соответствии с опытами Иоффе, относящимися к электропроводности ионных кристаллов, я ввел в 1926 г. концепцию подвижных ионных дырок (т.е. вакантных мест в кристаллической решетке), которые помимо своего вклада в электропроводность, играют существенную роль в большом числе других явлений – тепловых (порядок - беспорядок) и оптических. Концепция подвижных дырок была впоследствии (1930 г.) распространена на случай электронных дырок в диэлектриках и электронных полупроводниках (атомы решетки, лишённые одного из своих электронов). В связи с представлением об этих подвижных ионных состояниях я развил идею о подвижном возбужденном состоянии – «экситоне», которое ведет себя в точности как обычная частица и может быть описано соответствующими волнами возбуждения (1931 г.)» («Физики о себе», 1990, с.95). Лауреат Нобелевской премии по физике за 2000 год Ж.Алферов в книге «Физика и жизнь» (2000) пишет: «Френкеля не зря называли генератором идей: его творческая активность была необычайной, ежегодно он публиковал около десятка научных статей, в одно и то же время занимаясь и вопросами движения в релятивистской квантовой механике, и корпускулярным аспектом материи, и катанием капель на поверхности твердых тел, и возможностью замены твердых шарикоподшипников «каплеподшипниками» (Алферов, 2000, с.200).

**370) Аналогия Якова Френкеля.** Я.И.Френкель (1944) объяснил земной магнетизм процессом возбуждения токов, возникающих при вращении жидкого проводящего ядра Земли, по аналогии с принципом функционирования динамо-машины, в которой электрический ток, вызванный вращением ротора, порождает магнитное поле. Другими словами, Я.И.Френкель экстраполировал механизм возникновения магнитного поля в динамо-машине на магнетизм Земли. И.Е.Тамм в статье «Яков Ильич Френкель» (журнал «Успехи физических наук», 1962, № 3) отмечает: «Вопрос о происхождении земного магнетизма столь долгое время находился в безнадежном состоянии, столь велико было число неудачных попыток разрешить эту проблему, что среди ученых вошло в привычку ссылаться на него, как на типичный пример безнадежной научной путаницы. Я.И. заинтересовался земным магнетизмом с юных лет, еще гимназистом разработал некую новую теорию его

происхождения, а в зрелом возрасте, через 30 с лишним лет, ему удалось предложить новую идею – так называемый «принцип динамо», – согласно которой земной магнетизм возбуждается токами, возникающими под влиянием униполярной индукции при вращении жидкого проводящего ядра Земли относительно внешних ее слоев. Уже после смерти Я.И. известный английский ученый Э.Буллард возродил его гипотезу, разработал ее количественно, математически, и в настоящее время есть все основания полагать, что гипотеза Я.И. окончательно разрешила эту сложную проблему» (И.Е.Тамм, 1962). В указанной статье И.Е.Тамм цитирует Френкеля, что упраздняет все сомнения в использовании аналогии: «...Земной магнетизм обусловлен наличием жидкого металлического ядра Земли, которое трактуется мною как динамо-машина с самовозбуждением» (И.Е.Тамм, 1962). Отметим, что принцип возникновения магнитного поля в результате возбуждения токов во вращающемся теле (принцип динамо-машины) был открыт в 1866 году Вернером Сименсом.

**371) Аналогия Карена Тер-Мартirosяна.** Известный физик К.А.Тер-Мартirosян сформулировал идею о возможности возбуждения колебаний поверхности тяжелых атомных ядер под действием электромагнитного поля атомных ядер тяжелых заряженных частиц – протонов и альфа-частиц по аналогии с тем, что океанские приливы, вызванные полем тяготения Луны, тормозят вращение Земли. Тер-Мартirosян разработал математическое описание подобного возбуждения атомных ядер по аналогии с математическими методами классической теории возбуждений. В книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) Тер-Мартirosян пишет: «Что касается меня, то я вспомнил свой разговор с Яковом Ильичем Френкелем в ЛФТИ о том, что океанские приливы, вызванные полем тяготения Луны, тормозят вращение Земли, и спросил Ландау, что он думает о возможности возбуждения колебаний поверхности тяжелых атомных ядер под действием кулоновского поля сталкивающихся с ядрами тяжелых заряженных частиц – протонов или альфа-частиц – за счет подобного «приливного» механизма. Дау неожиданно проявил интерес... и сказал, что можно легко вычислить вероятность возбуждения ядра при этом механизме на основе зависящей от времени полуклассической теории возмущений. Это простое замечание оказалось очень важным... Я уехал в Ленинград, через некоторое время вернулся обратно в Москву, и довольно скоро вся работа была закончена» («Воспоминания о Л.Д.Ландау», 1988, с.234).

**372) Аналогия Ильи Афанасьевича Кибеля.** Российский исследователь, ученик А.Фридмана – создателя нестационарной модели Вселенной, И.А.Кибель (1940) разработал метод количественного расчета барического поля (поля атмосферного давления) благодаря тому, что по аналогии перенес в область динамики атмосферы способ упрощения системы уравнений движения, предложенный в гидромеханике знаменитым немецким физиком Л.Прандтлем. Другими словами, идея упрощения системы уравнений, описывающих определенные параметры атмосферы, возникла у И.А.Кибеля по аналогии с идеей Л.Прандтля об упрощении системы уравнений гидродинамики. Разработанный И.А.Кибелем метод прогнозирования метеорологических элементов лег в основу первой математической модели прогноза погоды на срок до трех суток. М.Ильин в книге «Человек и стихия» (М.Ильин, «Избранные произведения» в 3-х томах, том 3-й, Москва, 1962) описывает поисковую деятельность И.А.Кибеля: «Теперь надо было приниматься за решение системы уравнений. Но это было безнадежное предприятие. Тут все усложнялось трением воздуха о землю и нагреванием его от земли. Профессор Кибель вспомнил, что в гидромеханике часто приходится иметь дело с потоками воды, бегущими по трубе. Там тоже расчетам мешает трение о стенки и нагревание от стенок. Ученый Прандтль нашел способ упрощать задачу, когда речь шла о трубах или каналах. Так нельзя ли этим же способом упростить и задачу о воздушных потоках? Нижняя стенка – земля, верхняя – стратосфера. Профессор Кибель воспользовался способом Прандтля, и уравнения стали проще» (Ильин, 1962, с.222).

**373) Аналогия Всеволода Фредерикса.** В.К.Фредерикс (1940) выдвинул гипотезу о том, что при изгибовых деформациях жидкого кристалла в нем должна возникать поляризация, по аналогии с тем, что подобный эффект, то есть появление поляризации зарядов при механическом растяжении или сжатии наблюдается в обычном кристалле (пьезоэлектрический эффект). Как мы знаем, пьезоэлектрический эффект открыт Пьером Кюри в 1880 году. А.С.Сонин и В.Я.Френкель в статье «Зачем вы подались в науку, Фредерикс?» (журнал «Природа», 1994, № 10) пишут о теоретической работе Фредерикса, выполненной им во время пребывания в тюрьмах республики Коми: «Называлась эта работа «К теории анизотропной жидкости». В ней сделана попытка построить феноменологическую теорию жидких кристаллов с использованием, кроме деформаций, сжатия-растяжения, деформаций изгиба, описываемых полярным тензором четвертого ранга. Такой подход появился в литературе лишь в 1967 г. Введение изгибовых деформаций позволило рассматривать жидкие кристаллы в криволинейном пространстве (аналогия с тяготением в ОТО!) и выделить новые физические эффекты, которые еще не обнаружены экспериментально. Один из таких эффектов – возникновение поляризации при изгибовых деформациях (аналог пьезоэлектрического эффекта) – предсказан Фредериксом и Полаком. А в литературе считается, что этот эффект, названный флексоэлектрическим, был предсказан лишь в 1969 г.» (А.С.Сонин, В.Я.Френкель, 1994).

**374) Аналогия Виктора Цветкова.** В.Н.Цветков (1942) разработал теорию гетерофазных флуктуаций, объясняющую переход нематического жидкого кристалла в изотропную жидкость, по аналогии с теорией гетерофазных флуктуаций, которую создал Я.И.Френкель для объяснения фазового перехода жидкости в твердое тело (кристалл). Эта теория Я.И.Френкеля представлена в его книге «кинетическая теория жидкости» (1945). Идеи, изложенные в этой книге, Френкель высказывал и раньше. И.Г.Чистяков в статье «Жидкие кристаллы» (УФН, 1966, август) пишет: «Согласно теории Френкеля, вблизи точки перехода из одной фазы в другую идет образование зародышей новой фазы еще до достижения точки перехода. В старой фазе возникают местные и временные флуктуации, названные гетерофазными флуктуациями. Цветков распространил теорию гетерофазных флуктуаций на переходы типа «нематический жидкий кристалл – изотропная жидкость». Согласно этой теории, в изотропной фазе имеет место образование «роев» - зародышей жидкокристаллической фазы» (Чистяков, УФН, 1966, с.595). Отметим, что нематические жидкие кристаллы – это кристаллы, в которых отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести молекул, у них нет слоистой структуры, их молекулы скользят непрерывно в направлении своих длинных осей, вращаясь вокруг них.



«Я не знал и не знаю лично ни одного человека, который бы отличался от идеала хорошего человека меньше, чем А.А.Андронов. Полное бескорыстие, абсолютное отсутствие лицемерия, мелкого ученого самолюбия, академического чванства, бесконечная готовность жертвовать своим спокойствием, если нужно помочь товарищу и просто человеку, деятельная доброжелательность ко всему живому и талантливому».

Г.С.Горелик об А.А.Андронове

**375) Аналогия Александра Андропова.** А.А.Андронов (1929) пришел к мысли о возможности описать поведение часов и лампового генератора электрических колебаний с помощью понятия предельных циклов Пуанкаре, когда обнаружил аналогию между дифференциальными уравнениями, выражающими модели часов и лампового генератора, и предельными циклами, открытыми и сформулированными А.Пуанкаре в его качественной теории дифференциальных уравнений. Г.С.Горелик в статье «Памяти А.А.Андропова» (УФН,

1953, март) пишет об уравнениях, соответствующих моделям часов и лампового генератора: «Дифференциальные уравнения этих моделей – хотя и нелинейны – настолько просты, что А.А. смог без труда их проинтегрировать и построить полную картину интегральных кривых на фазовой плоскости. Эта картина такова: фазовая плоскость заполнена вложенными друг в друга спиралями, накручивающимися изнутри и снаружи на замкнутую кривую. Замкнутая кривая соответствует незатухающим колебаниям, спирали – процессам установления. Еще раньше – Андронов это знал – аналогичная картина была получена Ван дер Полем с помощью метода изоклин для лампового генератора при идеализации характеристики лампы кубической параболой. Здесь произошло то, что определило весь дальнейший научный путь А.А.Андропова: он усмотрел тождество замкнутых кривых на фазовой плоскости, изображающих незатухающие колебания часов и лампового генератора, с предельными циклами. Свою аспирантскую диссертацию он озаглавил: «Предельные циклы Пуанкаре и теория колебаний». Предельным циклом называется замкнутая интегральная кривая нелинейного дифференциального уравнения, к которой асимптотически приближаются соседние интегральные кривые. Предельные циклы были открыты и исследованы Пуанкаре вне всякой связи с физикой в его работе 1881 г. «О кривых, определяемых дифференциальными уравнениями». Эта работа явилась началом качественной (топологической) теории дифференциальных уравнений, ставящей себе целью выяснение общего характера поведения интегральных кривых. До работ Андропова математики, занимавшиеся качественной теорией дифференциальных уравнений, не подозревали, что предельные циклы имеют отношение к физике и технике, а физики и инженеры, занимавшиеся исследованием процессов, связанных с генерацией колебаний, не знали, что математический аппарат, нужный для создания общей теории этих процессов, уже существует» (Горелик, УФН, 1953, с.451). Заслуга А.А.Андропова в том, что он перенес предельные циклы Пуанкаре в теорию лампового генератора, базируясь на аналогии, которую до него никто не замечал.

**376) Аналогия Александра Андропова.** А.А.Андронов перенес в теорию незатухающих колебаний, генерируемых системами, подобными часам и ламповому генератору, идеи и методы теории устойчивости А.М.Ляпунова, когда обратил внимание на аналогию между движением, отображаемым устойчивым предельным циклом, и тем типом устойчивости, который был назван устойчивостью по Ляпунову. Г.С.Горелик в статье «Памяти А.А.Андропова» (УФН, 1953, март) отмечает: «А.А.Андроновым была также установлена связь между теорией генерации колебаний и теорией устойчивости А.М.Ляпунова, изложенной в его знаменитой работе «Общая задача об устойчивости движения» (1892 г.)» (Горелик, УФН, 1953, с.452). «А.А.Андронов показал, - поясняет Г.С.Горелик, - что движение, отображаемое устойчивым предельным циклом, обладает тем типом устойчивости, который получил название устойчивости по Ляпунову (отклонение изображающей точки на фазовой плоскости от движения, устойчивого по Ляпунову, достаточно малое в начальный момент, остается – по определению – сколь угодно малым в течение любого времени). Для обозначения незатухающих колебаний, генерируемых системами, обладающих трением (сопротивлением) подобно часам или ламповому генератору, А.А.Андронов ввел новый термин, прочно вошедший в науку – термин автоколебания, и дал автоколебаниям точное математическое определение. Согласно Андронову, автоколебания – это движения, отображаемые на фазовой плоскости (в случае систем с одной степенью свободы) устойчивыми предельными циклами. Итак, А.А.Андронов был тем, кто дал автоколебаниям их название и математическое определение, кто связал их теорию с качественной теорией дифференциальных уравнений, а потому и с топологией, а также с общей теорией устойчивости движения» (Горелик, УФН, 1953, с.452).

**377) Аналогия Александра Андропова.** А.А.Андронов разработал математический аппарат для количественного расчета автоколебаний, близких по своей форме к синусоидальным,

руководствуясь аналогией. Он перенес в теорию автоколебаний разработанный А.Пуанкаре метод разложения в ряд по степеням малого параметра, который он использовал при исследовании периодических решений задач трех тел в небесной механике. Г.С.Горелик в статье «Памяти А.А.Андропова» (УФН, 1953, март) констатирует: «С другой стороны, А.А.Андронов показал, что для количественного расчета автоколебаний, близких по своей форме к синусоидальным (колебаний в нелинейных неконсервативных системах, близких к линейным консервативным), может быть применен метод разложения в ряд по степеням малого параметра, разработанный Пуанкаре для исследования периодических решений задач трех тел в небесной механике. С помощью этого «метода малого параметра» и теории устойчивости Ляпунова А.А.Андроновым была дана теория, полностью разъяснившая некоторые из тех явлений, перед которыми бессилён линейный «образ мыслей»: захватывание (синхронизация) лампового генератора периодической внешней силой, а также затягивание частоты и ее скачкообразные изменения при плавном изменении настройки сложного лампового генератора (с двумя колебательными контурами)» (Горелик, УФН, 1953, с.453). Об этой же аналогии А.А.Андропова пишут И.В.Андрианов, Р.Г.Баранцев и Л.И.Маневич в книге «Асимптотическая математика и синергетика: путь к целостной простоте» (2004): «Когда Андронов стал активно использовать метод малого параметра в теории нелинейных колебаний, опираясь на исследования А.М.Ляпунова и А.Пуанкаре, Мандельштам сначала весьма подозрительно принял этот «все же какой-то асимптотический метод», «какой-то корреспондент-принцип». Но Андронов проявил настойчивость, и Мандельштам не только поверил в этот метод, но и сам успешно применил его в одной из своих работ (совместно с Н.Д.Папалекси)» (И.В.Андрианов, Р.Г.Баранцев и Л.И.Маневич, 2004).

**378) Аналогия Александра Андропова.** Догадка А.А.Андропова о том, что цефеиды – звезды с периодически меняющимся блеском – являются автоколебательными системами, базировалась на аналогии между поведением подобных небесных объектов и незатухающими колебаниями лампового генератора. Г.С.Горелик в статье «Памяти А.А.Андропова» (УФН, 1953, март) утверждает: «Автоколебания занимали А.А.Андропова не только в связи с техникой. Он давно интересовался астрофизикой и, еще будучи аспирантом, высказал предположение, что цефеиды (звезды с периодически меняющимся блеском) являются автоколебательными системами. В 1941 г. он предложил одному из своих аспирантов, С.А.Жевакину, заняться теоретическим исследованием механизма колебаний цефеид. Эта работа была прервана войной и возобновлена в 1946 г. Недавно С.А.Жевакину удалось построить теорию, объясняющую самовозбуждение колебаний в цефеидах и ряд характерных особенностей этих колебаний» (Горелик, УФН, 1953, с.462). Б.В.Вольтер в статье «Химическая бесконечность и предельные циклы» (журнал «Химия и жизнь», 1995, № 4) пишет об исследованиях А.Пуанкаре, которые использовал А.А.Андронов при решении различных проблем: «Его исследования были чисто математические, но область их приложения оказалась огромной. В 1928 году молодой советский физик А.А.Андронов увидел в теоретических трудах Пуанкаре физическую реальность, связанную с автоколебаниями в радиотехнических устройствах, в космических объектах – пульсарах и цефеидах – и даже в химических системах» (Б.В.Вольтер, 1995).

**379) Аналогия Семёна Хайкина.** С.Э.Хайкин совместно с К.Ф.Теодорчиком (1931) пришли к идее о существовании явления акустического захватывания по аналогии с явлением захватывания частот колебаний лампового генератора периодической внешней силой. Явление захватывания частот лампового генератора заключается в принудительной синхронизации, когда периодически внешняя сила заставляет этот генератор работать в резонансе со своей частотой колебаний. С.Э.Хайкин по аналогии решил, что подобное явление должно иметь место и для акустических волн. Г.А.Бендриков и Г.А.Сидорова в статье «Александр Адольфович Витт» (сборник «История и методология естественных наук»,

выпуск 26, 1981) пишут о том, что сначала А.А.Витт и С.Э.Хайкин экспериментально подтвердили теорию, описывающую основные экспериментальные факты явления захватывания частот лампового генератора. И только потом они перенесли полученные результаты в область акустики. «Спустя некоторое время, - пишут Г.А.Бендриков и Г.А.Сидорова, - А.А.Витт и С.Э.Хайкин экспериментально подтвердили основные выводы математической теории, в том числе отсутствие порога при захватывании. Благодаря этому оказалось возможным использовать явление захватывания для измерения малой напряженности полей. Был предложен и совместно с инженером Е.Н.Майзельсом разработан новый метод измерения напряженности полей радиостанций. Эксперименты проводились в НИИ Физики МГУ и в ВЭИ. Результаты работ по захватыванию были перенесены в акустику, и в 1931 г. К.Ф.Теодорчик и С.Э.Хайкин открыли явление акустического захватывания. На основе этого явления был также разработан новый метод измерения интенсивности звуковых полей» (Г.А.Бендриков и Г.А.Сидорова, 1981).

**380) Аналогия Ильи Франка.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1958 год И.М.Франк сформулировал идею об отражении ультрахолодных нейтронов (УХН) от поверхности вещества по аналогии с отражением света от той же поверхности вещества. А.И.Франк в статье «Современная оптика длинноволновых нейтронов» (УФН, 1991, ноябрь) пишет об исследованиях своего отца И.М.Франка: «Таким образом, отражение УХН от поверхности вещества сопоставлялось с «металлическим» отражением света. Просто по аналогии с металлооптикой вводились коэффициенты Френеля, представляющие собой амплитуды отраженной и прошедшей волн...» (А.И.Франк, УФН, 1991, с.96).

**381) Аналогия Ильи Франка.** И.М.Франк (1972) пришел к идее о создании нейтронного микроскопа, в котором увеличенное изображение предметов возникает за счет использования падающей на предмет нейтронной волны, по аналогии со световым и электронным микроскопом, в котором используются световые и электронные волны. А.И.Франк в статье «Современная оптика длинноволновых нейтронов» (УФН, 1991, ноябрь) цитирует слова своего отца: «Мне думается, что получение оптического изображения с помощью отражения и преломления очень медленных нейтронов – опыт настолько существенный, что его обязательно надо выполнить. Ведь можно мечтать о том, что в отдаленной перспективе оптика очень медленных нейтронов позволит создать нейтронный микроскоп» (А.И.Франк, УФН, 1991, с.99). Примечательно, что позже были проведены эксперименты, доказавшие возможность создания нейтронного микроскопа, в котором применяются ультрахолодные нейтроны (УХН). Как указывает А.И.Франк, «честь получения первого изображения простого источника с помощью УХН, т.е. почти так, как предлагал И.М.Франк, принадлежит А.Штайерлу с сотрудниками. Важное отличие, однако, состояло в том, что им впервые удалось найти способ компенсации хроматической аберрации положения. При этом вместо простого зеркала применялся более сложный оптический элемент – зонное зеркало, в котором вогнутое зеркало совмещалось с зонной интерференционной системой (1980 г.)» (там же, с.101).

**382) Аналогия Фрица Лондона.** Выдающийся ученый Фриц Лондон (1926) усовершенствовал математический аппарат квантовой теории, когда по аналогии перенес в эту теорию метод Гамильтона-Якоби, использующий переменные действие-угол. М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) подчеркивает: «Развивая этот подход, Лондон ввел метод Гамильтона-Якоби, использующий переменные действие-угол, в матричную механику и заключил, что главной задачей матричной механики является определение генератора преобразования  $S$ » (Джеммер, 1985, с.288). Исследования Ф.Лондона перекликались с работами П.Дирака, который одним из первых перенес в квантовую механику скобки Пуассона, заимствованные из классической механики. М.Джеммер, говоря о статье Ф.Лондона, в которой он предпринимает попытку перенести в квантовую механику

канонические преобразования Гамильтона, отмечает: «Возвращаясь теперь к статье Лондона, отметим, что она начиналась с применения канонических преобразований в задачах волновой механики на дискретные собственные значения и кончалась дискретными матрицами преобразования. Через несколько недель появилась статья Дирака, начинавшаяся с применения канонических преобразований к непрерывным или дискретным матрицам в дираковской матричной механике и кончавшаяся задачами волновой механики на непрерывные или дискретные значения. Таким образом, статья Дирака дополняла статью Лондона...» (там же, с.292).

**383) Аналогия Фрица Лондона.** Фриц Лондон (1926) расширил арсенал эффективных математических средств квантовой механики, когда по аналогии перенес в нее теорию линейных операторов в функциональных пространствах, разработанную Д.Гильбертом и другими математиками. М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) указывает: «Фактически сам Лондон осенью 1926 г. первым перенес матричномеханическую теорию преобразований (далекую еще от завершения) на концептуальную почву волновой механики Шредингера, которая до тех пор работала только с представлениями в конфигурационном пространстве» (Джеммер, 1985, с.289). «Только закончив статью, Лондон полностью осознал, - поясняет М.Джеммер, - тесную связь между своими новыми концепциями и теорией линейных операторов в функциональных пространствах, или, как ее называли в то время, «теорией дистрибутивных функциональных операций» (там же, с.290). «Действительно, - отмечает М.Джеммер, - как дифференциальное и интегральное исчисление было языком классической динамики, а тензорное исчисление – языком теории относительности, так способом выражения для современной квантовой механики оказалась теория линейных пространств, и особенно гильбертовых пространств, или, выражаясь более общим образом, функциональный анализ» (там же, с.290). Об этом же пишет Берт Шроер в статье «Теория струн и кризис в физике элементарных частиц» (2005, Интернет): «Часто не знают, что именно Фриц Лондон [26] (а не Джон фон Нейман) впервые ввел понятия гильбертова пространства и «вращений в гильбертовом пространстве» (унитарных операторов) в квантовую физику. Так как он работал тогда ассистентом в Техническом Университете Штутгарта, то оказался вне «квантового диалога», и его статья канула в забвение, несмотря на восторженный отзыв в статье Йордана о теории преобразований [27]» (Б.Шроер, 2005). Здесь, однако, нельзя согласиться с Б.Шроером о том, что введение в квантовую теорию гильбертова пространства Ф.Лондоном кануло в забвение.

**384) Аналогия Фрица Лондона.** Фриц Лондон (1935) предсказал существование энергетической щели в спектре возбуждений сверхпроводящего металла по аналогии с наличием энергетической щели в спектре возбуждений сверхтекучего гелия. Энергетическая щель в сверхпроводнике – это промежуток запрещенных энергий, без преодоления которого невозможно появление элементарных возбуждений, разрушающих сверхпроводящие свойства. Ф.Лондон (1950) предсказал эффект квантования магнитного потока сверхпроводника по аналогии с квантованием электронных орбит в атоме. Это квантование впервые осуществил Н.Бор (1913).

**385) Аналогия Фрица Лондона.** Ф.Лондон и Г.Лондон (1935) вывели уравнения, описывающие плотность сверхпроводящего тока в сверхпроводнике и напряженности тока в том же сверхпроводнике, по аналогии с уравнениями гидродинамики (В.Гинзбург, «О науке, о себе и о других», 2003).

**386) Аналогия Фрица Лондона.** Ф.Лондон пришел к выводу о важной роли принципа неопределенности в понимании необычных свойств жидкого гелия, обладающего сверхтекучестью, по аналогии с важной ролью принципа неопределенности Гейзенберга

(1927) в понимании координат и скорости электрона в атоме (С.Паттерман, «Гидродинамика сверхтекучей жидкости», 1978).

**387) Аналогия Фрица Лондона.** Ф.Лондон (1938) смог объяснить ряд необычных свойств жидкого гелия, когда провел аналогию между ним и «конденсатом Бозе-Эйнштейна», теоретически предсказанным создателем теории относительности в 1925 году. Эйнштейн был уверен, что при очень низких температурах молекулы газа, имеющие определенную скорость движения при нормальной температуре, вообще останавливаются, приобретая нулевую скорость. А.Близнецова в статье «Холодный расчет», опубликованной в журнале «Популярная механика» (июль 2003 г.), пишет: «Долгое время выводы Эйнштейна оставались не более чем гипотезой. Наблюдать само явление конденсации никому не удавалось. Однако для объяснения других необычных свойств веществ при низких температурах эта теория пришлось как нельзя кстати. В 1938 году Фриц Лондон предположил (и оказался прав), что наблюдаемая в гелии сверхтекучесть не что иное, как следствие бозе-эйнштейновской конденсации» (А.Близнецова, 2003). Известно, что в 1925 г. Эйнштейн впервые обратил внимание на своеобразный фазовый переход, который имеет место в идеальной системе газа. При достаточно низких температурах в силу симметрии статистики Бозе определенная доля частиц газа переходит в квантовое состояние с нулевым импульсом. Руководствуясь аналогией с этими представлениями Эйнштейна, Ф.Лондон предположил, что сверхтекучий гелий является квантовой жидкостью и что его движение необходимо квантовать. Кроме того, Ф.Лондон опирался на аналогию с тем фактом, что диамагнетизм сверхпроводников, состоящий в том, что магнитное поле не может проникать в глубь сверхпроводника, может быть объяснен только на основе квантовой механики. Другими словами, Ф.Лондон пришел к мысли о квантовой природе сверхтекучести жидкого гелия по аналогии с квантовой природой диамагнетизма сверхпроводников (С.Паттерман, «Гидродинамика сверхтекучей жидкости», 1978). Д.М.Ли в своей Нобелевской лекции «Необычные фазы жидкого He» (УФН, 1997, декабрь) пишет: «Великий вклад Фрица Лондона состоял в замечании, что сверхтекучесть можно рассматривать как макроскопическое квантовое явление, связанное с БЭ конденсацией. (...) Сверхтекучая компонента в двухжидкостной модели может быть приближенно отождествлена с этим конденсатом, хотя сильное взаимодействие между атомами в жидкости и модифицирует эту картину» (Ли, УФН, 1997, с.1308).

**388) Аналогия Игоря Курчатова.** И.В.Курчатов (1935) пришел к выводу об изомерии ядер атомов по аналогии с изомерией молекул химических веществ, которую открывали и исследовали Берцелиус, Бутлеров, Ле-Бель, Вант-Гофф, Пастер, Вислиценус. В 1935 году ученые обнаружили, что при облучении брома нейтронами образуются радиоактивные изотопы брома, распадающиеся с тремя периодами полураспада. Различие свойств ядер брома при наличии одной и той же массы и заряда у брома по аналогии напоминало различие свойств химических соединений при наличии одинакового химического состава (одних и тех же природы и количества атомов, из которых образованы эти соединения). До И.В.Курчатова мысль о существовании ядерной изомерии высказывал Г.Гамов. В статье «Изомерия атомных ядер» (УФН, 1961, апрель) Л.И.Русинов воспроизводит фрагмент доклада И.В.Курчатова, озвученного на сессии Академии наук СССР в марте 1936 года: «Возможен и другой путь объяснения происхождения третьего радиоактивного брома, путь, который, правда, приводит к существенно новому допущению о существовании ядер изомеров. Говоря об изомерии ядра, я не хочу трактовать ее в том узком смысле, который был указан Гамовым. Ядра-изомеры в нашем случае – это ядра с одним и тем же зарядом и одним и тем же массовым числом (неразличимые поэтому масс-спектрографически), но разной структуры» (Л.И.Русинов, УФН, 1961).

**389) Аналогия Матвея Бронштейна.** Известный физик-теоретик М.П.Бронштейн (1935) проквантовал гравитационные волны и тем самым положил начало идее о существовании

квантов гравитационного поля по аналогии с квантованием электромагнитного поля (по аналогии с гипотезой Эйнштейна о существовании квантов света). В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) пишет о данной аналогии Бронштейна: «Всемирное тяготение рассматривалось Бронштейном как результат обмена между тяготеющими массами гравитонами, испускаемыми одним телом и поглощаемыми другим. В качестве следствия из своей теории М.П.Бронштейну удалось получить ньютоновский закон притяжения этих масс» (В.Я.Френкель, 1966, с.211). Об этой же аналогии упоминают А.Д.Чернин и В.Я.Френкель в электронной статье «Мировая линия Гамова» (сайт «Астронет», 2004): «Бронштейну принадлежит первая успешная попытка синтеза двух великих физических теорий 20 века – квантовой механики и общей теории относительности. В результате он смог предсказать существование в природе гравитона, новой элементарной частицы (1936). Как фотон служит квантом электромагнитного поля, так гравитон – квантом волнового гравитационного поля. Экспериментально гравитон все еще не открыт, но никто, кажется, не сомневается, что он действительно существует» (А.Д.Чернин, В.Я.Френкель, 2004). Наконец, Г.Е.Горелик и В.Я.Френкель в книге «Матвей Петрович Бронштейн» (1990) говорят о том подходе, который реализовал Бронштейн в рамках данной аналогии: «Затем к гравитации применена идея, которую по отношению к электродинамике высказал Дирак и развили Фок и Подольский в 1932 г., получившие из квантовой электродинамики кулоновскую силу. Аналогично этому Бронштейн получил ньютоновский закон тяготения как следствие квантово-гравитационного закона взаимодействия. При этом он обращает внимание на то, что, несмотря на сходство кулоновского и ньютоновского выражений для взаимодействия поля с частицей, противоположные знаки этих сил следуют вполне естественно из общего квантово-механического формализма» (Г.Е.Горелик, В.Я.Френкель, 1990).

**390) Аналогия Дмитрия Иваненко.** Д.Д.Иваненко сформулировал гипотезу о существовании искусственной электронной радиоактивности по аналогии с существованием искусственной позитронной радиоактивности, обнаруженной лауреатами Нобелевской премии по физике за 1935 год Ф.Жолио-Кюри и И.Жолио-Кюри в опытах по облучению различных мишеней (алюминия, бора, магния и других элементов) альфа-частицами. В этих опытах супруги Жолио-Кюри установили, что после облучения алюминия, бора или магния альфа-частицами эти элементы в течение определенного времени испускают позитроны, что свидетельствовало о ядерных реакциях, происходящих в элементах. Д.Д.Иваненко по аналогии предположил, что при бомбардировке определенных элементов какими-нибудь частицами может также наблюдаться испускание электронов. К сожалению, Курчатов не оказал ученому содействие в проверке данной гипотезы, после чего между ними прекратилось сотрудничество. В статье «Выдержки из интервью Д.Д.Иваненко в Институте истории естествознания и техники в апреле 1972 г.» (Интернет) Д.Д.Иваненко говорит: «Я предсказал искусственную электронную радиоактивность (после открытия позитронной), но Курчатов, стоявший во главе лаборатории, не захотел проверить это. И вдруг приходит номер «Ricerca Scientifica» из Италии, где Ферми сообщает об открытии. Иоффе сделал об этом сообщение на общем собрании института. С Курчатовым произошло неприятное объяснение. С тех пор наши пути разошлись. Он не пригласил меня, когда занялся по решению Правительства проблемой ядерной бомбы. Тогда же у меня была идея замедления нейтронов, но и она не была опубликована» (Д.Д.Иваненко, Интернет).

**391) Аналогия Дмитрия Иваненко.** Д.Д.Иваненко (1932) независимо от М.Гепперт-Майер и Д.Йенсена высказал идею о существовании ядерных оболочек, согласно которой нуклоны движутся в ядре по определенным орбитам, руководствуясь аналогией с существованием электронных оболочек, определяемых движением электронов вокруг ядра атома. Эту идею Д.Д.Иваненко обнародовал на Всесоюзной ядерной конференции, состоявшейся в 1933 году в Ленинграде с участием виднейших советских и иностранных физиков. С.С.Герштейн в статье «На заре ядерной физики» (журнал «Природа», 2004, № 8) пишет: «На той же

конференции Иваненко в качестве развития нейтронно-протонной модели ядра выдвигает предложенную им совместно с Е.Н.Гапоном концепцию ядерных оболочек, сыгравшую фундаментальную роль в ядерной физике, вплоть до современного открытия Ю.Ц.Оганесяном и другими в Объединенном институте ядерных исследований острова стабильности ядер с  $Z > 112$ . Он замечает: «На кривой массовых дефектов относительно протонов и нейтронов (а не  $\alpha$ -частиц) можно отметить некоторые более или менее резкие минимумы («кинки»), которые были в старой модели отмечены Зоммерфельдом. Эти скачки должны указывать на преимущественную стабильность данного элемента, и является заманчивым рассматривать ядра по аналогии с внешней оболочкой состоящими из заполненных слоев протонов и нейтронов, оставляя в стороне  $\alpha$ -частицы: минимумы и будут указывать на образование заполненных слоев» (С.С.Герштейн, 2004). Об этой же аналогии Д.Д.Иваненко пишет Г.А.Сарданашвили в электронной книге «Дмитрий Иваненко – великий физик-теоретик XX века» (Москва, 2009): «В своем докладе на 1-й Советской ядерной конференции Д.Д.Иваненко выдвинул как развитие протон-нейтронной модели ядра предложенную им совместно с Е.Н.Гапоном концепцию ядерных оболочек. Экспериментально было найдено, что по распространенности, числу изотопов, альфа- и бета-распаду существует определенная периодичность в свойствах ядер: что ядра имеют большую стабильность при определенном числе нейтронов и протонов, когда число протонов равно числу нейтронов – магические числа 2, 8, 20, 50, 82, 126. В своей работе 1932 г. Д.Д.Иваненко и Е.Н.Гапон выдвинули идею распределения протонов и нейтронов по уровням и оболочкам в некоторой аналогии с построением менделеевской периодической системы» (Сарданашвили, 2009, с.29). Отметим, что в 1963 году оболочечная модель ядра, предложенная Марией Гепперт-Майер и независимо Даниелом Йенсенем (1932), была удостоена Нобелевской премии.

**392) Аналогия Дмитрия Иваненко.** Д.Д.Иваненко выдвинул идею о том, что бета-распад нейтрона следует рассматривать как излучение частиц (протона и электрона), ранее не существовавших в этом нейтроне, по аналогии с излучением фотонов атомами, когда переход электрона с одной орбиты на другую приводит к испусканию фотона, ранее не существовавшего в атоме. Г.А.Сарданашвили в электронной книге «Дмитрий Иваненко – великий физик-теоретик XX века» (Москва, 2009) цитирует Д.Д.Иваненко: «Дебройлевская аналогия частиц и фотонов подсказывала нам возможность рассматривать бета-распад как излучение частиц, ранее не существовавших в «готовом» виде, подобно излучению фотонов атомами и ядрами. В сущности, уже формализм вторичного квантования поля электронов (Иордан) указывал на возможность и уничтожения частиц, но на это не обращали внимания и трактовали этот формализм только как вспомогательный прием...» (Сарданашвили, 2009, с.21). Таким образом, Д.Д.Иваненко независимо от итальянского физика, лауреата Нобелевской премии за 1938 год Энрико Ферми объяснил бета-распад на основе аналогии с испусканием фотона атомами. Примечательно, что Э.Ферми использовал ту же самую аналогию. Б.Понтекорво в статье «Нейтрино в лаборатории и во Вселенной» (сборник «Наука и человечество», 1963) пишет: «Ферми, оставивший неизгладимый след во всех областях физики, не мог успокоиться только почетной ролью «крестного отца» нейтрино и создал количественную теорию процесса бета-распада, основанную на аналогии с теорией излучения квантов света возбужденным атомом. Согласно этой теории, подобно тому, как фотон рождается в процессе разрядки возбужденного состояния, а не находится заранее внутри возбужденного атома, так и атомное ядро испускает пару нейтрино-электрон в процессе бета-распада, а о существовании нейтрино и электронов внутри ядра речь идти не может» (Б.Понтекорво, 1963).

**393) Аналогия Дмитрия Иваненко, Игоря Тамма и Виктора Амбарцумяна.** Д.Д.Иваненко, И.Е.Тамм и В.А.Амбарцумян нашли формулу (потенциал), достаточно адекватно описывающую короткодействующий характер ядерных сил между протоном и

нейтроном, по аналогии с формулой потенциала, предложенной Зеелигером и Нейманом в теории гравитации. Эта аналогия стала возможной благодаря тому, что в одной из бесед с Д.Д.Иваненко В.А.Амбарцумян смог по ассоциации вспомнить указанную форму потенциала Зеелигера-Неймана. Как здесь не придти к заключению, что условием запуска той или иной аналогии является автоассоциативная природа нашей памяти! Г.А.Сарданашвили в электронной книге «Дмитрий Иваненко – великий физик-теоретик XX века» (Москва, 2009) цитирует Д.Д.Иваненко: «Мы с И.Е.Таммом попытались подойти к проблеме ядерных сил не феноменологически, а отыскивая соответствующие поля или частицы, реализующие взаимодействие (подобно тому, например, как кулоновские и другие электромагнитные силы реализуются при обмене виртуальными фотонами). По аналогии с гриновской функцией уравнения Лапласа-Пуассона  $\Delta \varphi = -g$  в степени  $-1$  мы обсуждали выражение  $\exp(-\alpha r) / r$  (гриниан статистического уравнения Клейна-Гордона, хорошо передающий основной короткодействующий характер искомых ядерных сил). Эта (как выяснилось позднее, развивающаяся в правильном направлении) мысль возникла в беседах с астрономом В.А.Амбарцумяном, который и вспомнил о подобной форме потенциала, в конце XIX в. предложенной в теории гравитации Зеелигером и Нейманом вместо потенциала Ньютона (для устранения гравитационного парадокса классической теории гравитации с обращением в бесконечность потенциала для равномерного статического распределения звезд в бесконечной Вселенной)» (Сарданашвили, 2009, с.25).

**394) Аналогия Дмитрия Иваненко.** Д.Д.Иваненко (1965) выдвинул гипотезу о существовании кварковых звезд по аналогии с идеей ряда физиков (Ландау, Волкова, Оппенгеймера) о существовании нейтронных звезд и звезд, состоящих из элементарных частиц гиперонов. В статье «Гипотеза кварковых звезд» (журнал «Астрофизика», 1965, № 1) Д.Д.Иваненко и Д.Ф.Курдгеладзе пишут: «Как известно, при сжатии звезды после образования вырожденного электронного газа происходит «вдавливание» электронов в протоны, развал ядер и переход к нейтронной звезде; при дальнейшем сжатии более выгодным оказывается переход к вырожденному гиперонному ферми-газу. Естественно предполагать, что выгодным окажется переход к еще более тяжелым барионным резонансам, и наконец, гипотетическим субчастицам: кваркам и т.д.» (Д.Д.Иваненко и Д.Ф.Курдгеладзе, 1965). Что касается гиперонных звезд, то идею о возможности таких объектов в свое время сформулировали В.А.Амбарцумян и Г.С.Саакян (1960), которые экстраполировали на область строения звезд информацию о свойствах элементарных частиц гиперонов.



«Что касается Ландау, то в последнее время я стал ценить его, как совершенно необычайно одаренную голову. В первую очередь, за ясность и критическую остроту его мышления. Мне доставляло большое удовольствие спорить с ним о разных вещах. И совершенно независимо от того, был ли я при этом неправ (в большинстве случаев – в основных вопросах) или прав (обычно во второстепенных деталях), я каждый раз очень многое узнавал и мог при этом оценивать, насколько ясно он «видит» и насколько большим запасом ясно продуманных знаний он располагает».

Пауль Эренфест о Льве Ландау

**395) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1932) высказал предположение о существовании нейтронных звезд, достигших сверхплотного состояния в результате сильного гравитационного сжатия, по аналогии с фактом существования нейтронов на атомном уровне, то есть по аналогии с открытием нейтронов как элементарных частиц в

лабораторных условиях. Э.Хьюиш в своей Нобелевской лекции «Пульсары и физика высоких плотностей» (УФН, 1975, октябрь) отмечает: «Вскоре после открытия Чедвиком нейтрона в 1932 г. Ландау первым предсказал, что в результате гравитационного сжатия внутри звезды может образоваться вещество с почти невообразимой плотностью... При такой плотности остается лишь небольшая часть исходных протонов и электронов и вещество почти полностью должно состоять из нейтронов» (Хьюиш, УФН, 1975, с.206). Теоретическое предсказание нейтронных звезд, сделанное Ландау, - это экстраполяция в область строения звезд открытия Чедвика, показавшего существование нейтронов в структуре атома.

**396) Аналогия Льва Ландау.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1962 год Л.Д.Ландау (1937) пришел к идее о возможности статистического описания процессов, происходящих в атомном ядре, по аналогии с арсеналом идей и методов из области молекулярно-кинетической теории. Основанием для проведения такой аналогии послужили исследования Я.И.Френкеля, который в 1936 году предложил рассматривать тяжелые атомные ядра как физические объекты, к которым можно применять принципы статистической физики. Френкель отметил, что переход ядра на возбужденный уровень можно рассматривать как повышение его температуры, следствием чего может явиться испарение с поверхности ядра нейтрона или протона. Когда Ландау ознакомился с этими идеями Френкеля, он развил статистический подход к описанию атомного ядра. Таким образом, Ландау получил ряд новых результатов в теории атомного ядра по аналогии с идеями и методами из области молекулярно-кинетической теории, в которой статистическое описание является преобладающим. Можно сказать, Ландау воспользовался той же аналогией, которую чуть раньше провел Френкель. В книге «Воспоминания о Я.И.Френкеле» (1976) С.Е.Бреслер вспоминает: «Я помню первый доклад Л.Д.Ландау по статистической теории ядер. Он начал его со слов, что разрабатываемая им модель термодинамического подхода к ядру была сформулирована Яковом Ильичем» (С.Е.Бреслер, 1976).

**397) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1930) высказал идею о том, что причиной возникновения диамагнетизма электронов в металле является дискретность (квантовый характер) энергетических уровней движения электронов металлов в присутствии магнитного поля, по аналогии с тем, что и многие другие свойства электронов в металле объясняются квантовым характером их движения. Диамагнетизм – это невосприимчивость ряда веществ к действию магнитного поля, то есть неспособность намагничиваться. Вещества, обладающие этим свойством, называются диамагнетиками. Ландау, зная, что диамагнетизм возникает благодаря вращению электронов вокруг магнитных силовых линий, решил, что для расчетов надо применять законы квантовой механики, ведь речь идет о микроскопических частицах – электронах. Историки науки М.И.Каганов и В.М.Цукерник в книге «Природа магнетизма» (1982), объясняя диамагнетизм электронов и путь Ландау к квантовой трактовке этого диамагнетизма, пишут: «Если из всего рассказа о диамагнетизме Ландау постараться сделать содержательную выжимку и сформулировать причину его возникновения, то, пожалуй, останется вот что: диамагнетизм возникает благодаря вращению электронов вокруг магнитных силовых линий. А то, что для расчета надо применять законы квантовой механики, очевидно: ведь речь идет о движении микроскопических частиц - электронов» (Каганов, Цукерник, 1982). Интересно, что Я.И.Френкель и М.П.Бронштейн были близки к квантовой интерпретации диамагнетизма металлов и могли опередить Л.Д.Ландау в разработке этой интерпретации. Г.Е.Горелик и В.Я.Френкель в книге «Матвей Петрович Бронштейн» (1990) цитируют один из фрагментов ранней статьи М.П.Бронштейна и Я.И.Френкеля по вопросу о дискретности уровней движения электрона в магнитном поле: «В первом абзаце статьи Френкеля и Бронштейна примечательна фраза: «Для того чтобы убедиться, что дискретный ряд уровней энергии

свободного электрона, движущегося в магнитном поле, не является одним из парадоксов, связанных с уравнением Дирака, а соответствует реальному физическому явлению, хотя еще и не обнаруженному экспериментально, полезно показать, что такое квантование неизбежно возникает во всякой форме квантовой теории...» (Г.Е.Горелик, В.Я.Френкель, 1990).

**398) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1934) выдвинул гипотезу о том, что электромагнитные волны способны рассеиваться на флуктуациях энтропии, по аналогии с идеей Бриллюэна и Мандельштама (1918) о способности электромагнитных волн рассеиваться на звуковых колебаниях. В книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) друг и соратник Ландау Е.М.Лифшиц, перечисляя наиболее важные научные результаты, полученные Ландау, пишет: «В другой маленькой заметке были сообщены результаты, полученные Ландау (совместно с Г.Плачем) относительно структуры линии рэлеевского рассеяния в жидкостях и газах (1934). Еще в начале 20-х годов Бриллюэном и Мандельштамом было показано, что благодаря рассеянию на звуковых колебаниях эта линия должна расщепляться в дуплет. Ландау и Плачек обратили внимание на необходимость существования еще и рассеяния на флуктуациях энтропии, не сопровождающегося никаким изменением частоты; в результате вместо дуплета должен наблюдаться триплет» (Лифшиц, 1988, с.23).

**399) Аналогия Л.Д.Ландау и Р.Пайерлса.** Л.Ландау и Р.Пайерлс (1930) получили волновое уравнение для фотонов (квантов света) по аналогии с волновым уравнением Шредингера (1926) для электронов. Р.Пайерлс в книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) вспоминает: «Предметом, который в то время вызывал самые жаркие споры, была квантовая электродинамика. Ландау и я сделали попытку достичь нового понимания проблемы, изучая поведение квантов света, и написали волновое уравнение для фотонов методом, аналогичным выводу уравнения Шредингера для электронов» (Пайерлс, 1988, с.189).

**400) Аналогия Л.Д.Ландау и Р.Пайерлса.** Л.Ландау и Р.Пайерлс (1931) пришли к мысли о введении соотношения неопределенностей Гейзенберга в релятивистскую квантовую область, в частности, в теорию электрических и магнитных полей по аналогии с эффективным использованием соотношения неопределенностей Гейзенберга в квантовой механике. Р.Пайерлс в книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) пишет: «В наших беседах мы снова и снова возвращались к обсуждению нерешенных проблем квантовой теории поля, наиболее ярким проявлением которых была бесконечная собственная энергия электрона. Мы пришли к выводу, что соотношения неопределенности, выписанные Гейзенбергом для нерелятивистской квантовой механики, нуждаются в обобщении на релятивистскую область. Другими словами, не каждое измерение, не противоречащее этим соотношениям, может быть фактически выполнено. В частности, измерение импульса частицы требует некоторого времени: чем больше затрачивается времени на такое измерение, тем выше его точность. Далее, при измерении интенсивности электрического и магнитного полей существуют ограничения точности измерения этих двух величин в одной и той же области пространства в одно и то же время, что соответствует принципу неопределенности Гейзенберга...» (Пайерлс, 1988, с.189).

**401) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1937) вывел математическое уравнение движения электронов в плазме (электронной плазме) по аналогии с кинетическим уравнением движения молекул в газе, выведенным Больцманом и Лиувиллем. Таким образом, Ландау перенес в теорию электронной плазмы один из результатов молекулярно-кинетической теории. Однако при выводе уравнения колебаний электронной плазмы Ландау не использовал плодотворное понятие самосогласованного поля, упустив возможность получить знаменитое уравнение А.А.Власова, играющее большую роль в разных разделах теоретической физики. В книге

Б.Горобец «Круг Ландау» (2006) известный физик А.Рухадзе пишет: «Но вот кинетическое уравнение для электронного газа он записал, следуя Больцману, т.е. это – уравнение Лиувилля с правой частью в виде интеграла столкновений Ландау. Через год, в 1938 году А.А.Власов сформулировал свое знаменитое уравнение с самосогласованным полем. Тогда Л.Д.Ландау, как мне кажется, все понял – понял свою ошибку. Ведь он – автор теории фазовых переходов – был хорошо знаком с понятием самосогласованного поля. Это была большая досада, обида на самого себя, которую он не мог себе простить в течение многих лет» (цит. по: Горобец, 2006, с.7). Мы уже отмечали, что уравнение движений молекул Больцмана-Лиувилля имеет интересную эволюцию: сначала оно помогло А.Эйнштейну вывести математическое уравнение, описывающее броуновское движение, затем П.Ланжевен, воспользовавшись аналогией с этим уравнением Эйнштейна, получил математическое уравнение, описывающее флуктуации движения молекул (Т.Гнедина, «Поль Ланжевен», 1991). Впоследствии Л.Д.Ландау перенес уравнение Больцмана-Лиувилля в теорию кинетики плазмы, а индийский ученый, лауреат Нобелевской премии по физике за 1983 год С.Чандрасекар – в астрофизику.

**402) Аналогия Льва Ландау.** Теория сверхтекучего гелия была построена Ландау (1941) на основе аналогии. Ландау ввел в теорию сверхтекучего жидкого гелия понятие энергетического спектра элементарных возбуждений по аналогии с понятием энергетического спектра элементарных возбуждений из области квантовой механики. Этот спектр характеризует зависимость энергии квазичастицы (например, фотона) от ее импульса. До Ландау данный энергетический спектр вычислялся для микроскопических (квантовых) систем. Ландау впервые, руководствуясь аналогией, перенес способ определения энергетического спектра возбуждений на макроскопические тела (сверхтекучий гелий). Б.Горобец в книге «Круг Ландау» (2006) пишет о теории сверхтекучести гелия Ландау: «Это был первый случай в физике, когда макроскопическое явление (невооруженным глазом) описывалось квантовыми методами, применявшимися до той поры только к микрообъектам. Подобные системы стали называть квантовыми жидкостями» (Горобец, 2006, с.188). Идея Ландау о существовании в жидком гелии квантов вращения сверхтекучей компоненты - ротон, возникла по аналогии с идеей Тамма о наличии квантов обычного звука фононов. Понятие квантов вращения жидкого гелия было подсказано Ландау И.Е.Таммом и А.Б.Мигдалом. В книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) Дж.Р.Пеллам, говоря о наличии в энергетическом спектре сверхтекучего гелия квазичастиц (квантов вращения гелия) ротон, пишет: «Такой спектр допускал существование квазичастиц в равновесии на этом уровне, и их по предложению И.Тамма Ландау назвал ротонами. Энергетическая щель, присущая ротонам, допускает существование сверхтекучести» (Пеллам, 1988, с.197). Имеются свидетельства того, что при построении теории сверхтекучести Ландау в рамках аналогии воспользовался оригинальными исследованиями А.Б.Мигдала по данному вопросу. В книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) А.М.Поляков пишет: «Много лет назад я перечитывал великую работу Ландау по теории сверхтекучести. И присвистнул, прочитав небольшую сноску. Ландау начинает с гипотезы, что главные элементарные возбуждения в квантовом гелии являются фононами и вычисляет их теплоемкость. Гипотеза эта фундаментальна и глубоко нетривиальна, ее прямое следствие – сверхтекучесть. В сноске написано, что это вычисление было сделано А.Б.Мигдалом за год до этого. Конечно, дальше Ландау развивает теорию с гениальной силой, но начало положено Аркадием Бенедиктовичем» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.59). Кроме того, при описании жидкого гелия Ландау исходил из аналогии с описанием сверхпроводимости металлов, охлажденных до очень низких температур. В.Карцев в книге «Магнит за три тысячелетия» (1988) пишет: «Ландау первым сопоставил два странных явления, сверхпроводимость и сверхтекучесть – течение жидкого гелия 2 без трения через узкие капилляры, и предположил, что они родственны. Сверхпроводимость – это сверхтекучесть весьма

своеобразной жидкости – электронной. Эта идея Ландау оказалась в высшей степени плодотворной, на ее основе построено большинство теорий сверхпроводимости» (Карцев, 1988).

**403) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау предположил, что длинноволновые тепловые колебания, существующие в сверхтекучем гелии при самых низких температурах, являются фононами (звуковыми квантами), следующим образом. Он руководствовался аналогией со звуковыми квантами, которые возбуждаются в кристалле сверхпроводящих металлов вследствие малых тепловых колебаний, совершаемых атомами кристалла вокруг своих положений равновесия. Аналогия была подсказана Ландау качественным сходством сверхпроводимости, открытой Камерлинг-Оннесом (1913), и сверхтекучести, открытой Капицей (1938).

**404) Аналогия Льва Ландау.** Ландау (1941) нашел математические уравнения, описывающие течение жидкого гелия, находящегося в сверхохлажденном состоянии, по аналогии со старыми гидродинамическими уравнениями Л.Эйлера, описывающими поведение классической идеальной жидкости, в которой отсутствует вязкость и турбулентность. Описывая путь Ландау к выведению уравнений движения жидкого сверхтекучего гелия, С.Паттерман в книге «Гидродинамика сверхтекучей жидкости» (1978) пишет: «Свойства течения гелия-2, наблюдаемые в целом ряде экспериментов, можно, по видимому, описать с помощью уравнений Эйлера. Например, в случае истечения жидкости из сосуда Аллен и Мизенер показали, что остается справедливым закон Торричелли» (Паттерман, 1978). Помимо уравнений движения жидкости Эйлера есть еще гидродинамические уравнения Навье-Стокса, однако Ландау не пользовался ими, так как уравнения Навье-Стокса описывают движение жидкости при наличии диссипативных процессов типа вязкости, турбулентности и трения.

**405) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1953) нашел дифференциальные уравнения, описывающие статистический характер множественного рождения элементарных частиц при столкновениях, по аналогии с уравнениями релятивистской гидродинамики. Эта аналогия позволила ему построить теорию статистического образования космических частиц высоких энергий. В своей статье «О множественном образовании частиц при столкновениях быстрых частиц», содержащейся в книге «Собрание трудов Л.Д.Ландау» в 2-х томах (1969) Ландау объясняет, почему он решил по аналогии перенести уравнения релятивистской гидродинамики в область описания рождения новых частиц при столкновениях сверхбыстрых ядерных частиц. «Длина пробега частиц в такой системе, - пишет Ландау, - очевидно, очень мала по сравнению с ее размерами. (...) Таким образом, часть процесса расширения этой системы должна иметь гидродинамический характер, так как малость длины пробега позволяет рассматривать движение вещества в системе макроскопическим, гидродинамическим образом как движение некоторой идеальной (невязкой и нетеплопроводной) жидкости. Поскольку скорости в системе сравнимы со скоростью света, речь идет об уравнениях не обычной, а релятивистской гидродинамики» (Ландау, 1969). В книге «Воспоминания о Л.Д.Ландау» (1988) Е.М.Лифшиц пишет об этой работе Ландау: «Эта работа – также и блестящий пример методического единства теоретической физики, когда решение задачи осуществляется путем применения методов из, казалось бы, совершенно иной области» (Лифшиц, 1988, с.21). Аналогичную реконструкцию, показывающую важную роль аналогии, проводит Е.Л.Фейнберг в статье «Удивительная история замечательной работы Ландау» (УФН, 1998, июнь). В данной статье он пишет: «Вот теперь в игру вступил Ландау. И ему было ясно, что при большом числе частиц и большой плотности энергии некоторого сплошного вещества применима классическая термодинамика, а значит, и гидродинамика, критерий применимости у них одинаковый. Нужно только учесть релятивизм, гидродинамика должна быть

релятивистской. А она уже была сформулирована в его с Е.М.Лифшицем курсе теории сплошных сред. Теперь она нашла свое первое применение» (Фейнберг, УФН, 1998, с.698).

**406) Аналогия Льва Ландау.** Л.Д.Ландау (1956) построил теорию ферми-жидкости – квантовой жидкости, которая подчиняется статистике Ферми-Дирака, и определил характер энергетического спектра этой жидкости, по аналогии с исследованиями известного физика В.П.Силина по электронным спектрам металлов. А.Рухадзе в книге Б.Горобец «Круг Ландау» (2006) пишет: «Так было и с теорией Ферми-жидкости Ландау. Я не знаю, докладывались ли работы В.П.Силина по теории электронного спектра металлов (опубликованные в ЖЭТФ в 1952-1955) на семинаре Л.Д.Ландау, но Е.М.Лифшиц знал о них и, думаю, он рассказал об этом Л.Д., который сразу же увидел возможность обобщения на случай жидкости, что и было им сделано в 1956 году. В работе Л.Д.Ландау есть ссылки на работы В.П.Силина – говорят, что это заслуга Е.М.Лифшица» (Горобец, 2006, с.9). Сам Б.Горобец в указанной книге пишет о теории ферми-жидкости Ландау: «По мнению некоторых физиков-теоретиков (А.А.Рухадзе и др.), провозвестником этой теории явились более ранние работы В.П.Силина по электронным спектрам металлов. Они послужили для Л.Д.Ландау первотолчком, наведя на мысль обобщить эту теорию на жидкости. Впрочем, в статье у Л.Д.Ландау, написанной, как обычно, Е.М.Лифшицем, сделана ссылка на статьи В.П.Силина...» (Горобец, 2006, с.190). Касаясь вопроса о происхождении теории ферми-жидкости Ландау, А.Т.Григорьян и И.Б.Погребынский в книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) пишут: «Теория этой квантовой жидкости была построена Л.Д.Ландау (теория ферми-жидкости) и имеет аналогию с анализом поведения электронов в металлах» (Григорьян, Погребынский, 1972, с.305).

**407) Аналогия Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшица.** Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц (1954) использовали в теории плазмы методы статистического усреднения по аналогии с применением этих методов в теории турбулентной жидкости. Что касается Б.Б.Кадомцева, то он (1964) разрабатывал в теории плазмы идею о турбулентных плазмонах по аналогии с представлениями об элементарных возбуждениях, содержащимися в квантовой теории твердого тела, феноменологической теории сверхтекучести и других областях. В.Н.Цытович в статье «Развитие представлений о плазменной турбулентности» (УФН, сентябрь 1972 г.) подчеркивает: «Развитие представлений о природе турбулентности плазмы шло по двум путям. С одной стороны, использовали методы статистического усреднения, аналогичные тем, которые ранее были использованы в турбулентности жидкостей, причем «упругость» плазменных движений являлась основанием для предположения о слабой корреляции полей турбулентных колебаний. С другой стороны, использовались представления об элементарных возбуждениях – турбулентных плазмонах, вероятности взаимодействия которых находились из принципа соответствия. Синтез этих подходов был в последнее время получен, исходя из представлений об эффективных турбулентных столкновениях» (Цытович, УФН, 1972, с.144).

**408) Аналогия Льва Ландау.** Л.Ландау (1956) открыл закон сохранения комбинированной четности (комбинированной симметрии), применив аналогию, а также опираясь на принцип симметрии. Зная, что многие фундаментальные физические законы сохраняют симметрию (симметрию правого и левого), Ландау по аналогии решил, что и в слабых взаимодействиях элементарных частиц эта симметрия сохраняется. В 1956 году был экспериментально обнаружен факт несохранения обычной четности (обычной симметрии) во взаимодействиях элементарных частиц. Было установлено, что при радиоактивном распаде кобальта числа электронов, вылетающих под разными углами к оси вращения, различны. Это различие ставило под удар древний закон сохранения симметрии в природе. Если японский ученый Янг признал несохранение симметрии в субатомном мире, за что получил Нобелевскую премию по физике, то Ландау не верил в нарушение симметрии, поэтому решил

скомбинировать зеркальную симметрию с принципом зарядовой симметрии. Он заявил, что законы физики не меняются, если вместе с зеркальным отражением одновременно заменить все частицы на античастицы. Историк науки Н.Ф.Овчинников пишет: «...Были проведены опыты с радиоактивным кобальтом. Радиоактивное вещество помещалось в сильное магнитное поле. Это обеспечивало определенную ориентацию спинов у ядер кобальта. Для устойчивости этой ориентации кобальт охлаждался до максимально низкой температуры. В результате радиоактивного излучения наблюдалось, что электроны вылетают преимущественно в одном направлении. В направлении магнитного поля вылетает меньше электронов, чем в противоположном направлении. Это было интерпретировано как нарушение закона сохранения четности в области слабых взаимодействий, нарушение симметрии. Экспериментальное подтверждение теоретических предсказаний было воспринято как выдающееся открытие, и авторы, предсказавшие результаты экспериментов – Ли и Янг, - получили Нобелевскую премию» (Овчинников, 1997, с.69). «В 1957 году, - продолжает Овчинников, - Л.Д.Ландау была выдвинута идея комбинированной симметрии. В этой идее комбинированной симметрии проявилось действие своеобразного метапринципа, а именно принципа неуничтожимости симметрии, поскольку речь может идти о возможности построения теоретического объяснения явлений. Обнаружение нарушения симметрии или, соответственно, закона сохранения в данной области исследования плодотворно только в том отношении, что такое нарушение представляет собою сигнал к поискам нового, неизвестного еще закона сохранения и, соответственно, новой формы симметрии» (Овчинников, 1997, с.70). Ландау совершенно не нравился мир без симметрии, «скособоченный мир», где правая система координат неравноправна с левой. Он считал, что симметрия глубоко укоренена в природе, что она есть нечто более фундаментальное, чем принципы взаимодействия элементарных частиц. В книге воспоминаний о Ландау Е.М.Лифшиц пишет: «По мысли Ландау, тем самым должна была быть «спасена» симметрия пространства – асимметрия переносилась на сами частицы» (Лифшиц, 1988). Об этом же говорит И.С.Шапиро в письме Е.М.Лифшицу. Выдержки из этого письма имеются в книге Б.Городец «Круг Ландау» (2006). «...Идея несохранения четности, - пишет Шапиро о Ландау, - была ему тогда несимпатична. «В принципе это не невозможно, но такой скособоченный мир был бы мне настолько противен, что думать об этом не хочется» (...) По-видимому, именно эта неприязнь к «скособоченному миру» впоследствии стимулировала его активность, породившую идею сохранения СР-четности» (цит. по: Городец, 2006, с.213).

**409) Аналогия Льва Ландау.** Л.Ландау (1957) построил теорию гидродинамических флуктуаций, используя аналогию с теорией флуктуаций электромагнитного поля. В своей статье «О гидродинамических флуктуациях» Ландау пишет: «Общая теория гидродинамических флуктуаций может быть построена путем введения в уравнения движения жидкости дополнительных «сторонних» членов, подобно тому, как это было сделано С.М.Рытовым для флуктуаций электромагнитного поля в сплошных средах путем введения соответствующих «сторонних полей» в уравнения Максвелла» («Собрание трудов Л.Д.Ландау» в 2-х томах, 1969). В качестве сторонних членов Ландау ввел сторонний тензор напряжений в уравнение Навье-Стокса и вектор стороннего теплового потока в уравнение переноса тепла.

**410) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук (1937) построил теорию когерентного рассеяния гамма-лучей атомными ядрами по аналогии со своей предыдущей работой (1936), в которой рассматривалось рассеяние света светом. Эта работа, выступавшая в роли исходной посылки указанной теории Померанчука, была выполнена им совместно с Л.Д.Ландау и А.И.Ахиезером. Л.Б.Окунь в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) указывает: «Первая работа Исаака Яковлевича по физике элементарных частиц была выполнена им совместно с Л.Д.Ландау и А.И.Ахиезером в 1936

г. и была посвящена анализу сечения рассеяния света светом в случае, когда энергия фотонов много больше массы электрона. В 1937 г. был опубликован расчет родственного процесса – когерентного рассеяния гамма-лучей ядрами. Это когерентное рассеяние, существование которого было предсказано в 1933 г. Дельбруком, было предметом большого числа теоретических и экспериментальных работ» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.188).

**411) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук и А.И.Ахиезер (1946) построили теорию дифракции протонов на поглощающих тяжелых атомных ядрах по аналогии с теорией дифракции быстрых нейтронов на таких же атомных ядрах, разработанной Бором, Плачеком и Пайерлсом. А.И.Ахиезер в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчук» (1988) вспоминает: «Нас интересовала также область больших энергий нейтронов. В этой области, как было показано Бором, Плачеком и Пайерлсом, происходит явление дифракции нейтронов поглощающими тяжелыми ядрами. Это явление аналогично дифракции света от поглощающего шарика. Нам удалось обобщить эту теорию на случай быстрых протонов. Возникающая картина дифракции может быть названа дифракцией заряженных лучей» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.34). В этой же книге Л.Б.Окунь пишет о данной аналогии Померанчука: «По существу, то же стремление – понять как можно больше в процессах сильного взаимодействия в условиях отсутствия последовательной теории сильного взаимодействия – лежит в основе цикла работ Исаака Яковлевича, посвященных исследованию дифракции. Дифракционное рассеяние сильновзаимодействующих частиц очень похоже на дифракционное рассеяние света на непрозрачном экране. Детали взаимодействия света с экраном и материал, из которого он изготовлен, не важны, существенно лишь, что экран черный, т.е. поглощает все попадающие на него фотоны. При дифракционном описании взаимодействия нуклонов и мезонов с нуклонами и ядрами основное – это то, что мишень можно рассматривать как непрозрачный (черный) или полупрозрачный (серый) шарик. Впервые Исаак Яковлевич обратился к дифракции в 1946 г., когда совместно с Ахиезером А.И. рассмотрел дифракционное рассеяние протонов ядрами. В этой работе было впервые учтено влияние на дифракцию кулоновского взаимодействия частицы с мишенью» (там же, с.197). А.И.Ахиезер высоко оценивает заслуги Померанчука перед наукой: «Померанчук был истинным рыцарем науки, и имя его останется в храме Науки, о котором в свое время писал Эйнштейн: из этого храма можно многих изгнать без вреда для науки и только некоторые должны в нем остаться. Одним из этих некоторых является и И.Я.Померанчук» (там же, с.35).

**412) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук (1943) выдвинул гипотезу о влиянии магнитного поля ускорителя элементарных частиц бетатрона на излучение электронов, ускоряющихся в нем, по аналогии со своим предыдущим исследованием, в котором он показал торможение быстрых электронов магнитным полем Земли. Исследование, посвященное торможению электронов в магнитном поле Земли, было выполнено Померанчуком в 1939 году, а вопрос о торможении тех же электронов в магнитном поле ускорителя элементарных частиц был рассмотрен им в 1943 году, причем первоначальный толчок для рассмотрения этого вопроса дал Д.Д.Иваненко на одном из научных семинаров. С.Я.Никитин в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) пишет: «Большой интерес вызвала тогда работа И.Я.Померанчука о максимальной энергии электронов, достигающих верхних слоев атмосферы, определяемой излучением в магнитном поле. Результаты этой работы Исаака Яковлевича стимулировали исследование ливней, обусловленных ультраэнергичными частицами...» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.48). О научном семинаре, на котором присутствовал Д.Д.Иваненко, С.Я.Никитин пишет: «На втором (и последнем) заседании семинара был заслушан реферативный доклад о работе бетатрона на 20 Мэв, запущенного Керстом. При

обсуждении доклада Иваненко спросил у Исаака Яковлевича, не может ли излучение в магнитном поле сказаться на процессе ускорения электронов в бетатроне? Ответ Исаака Яковлевича на этот вопрос был затем опубликован в виде совместной заметки (с Иваненко) в «Докладах Академии наук». Вторично к задаче об излучении быстрых электронов в магнитном поле Исаак Яковлевич вернулся (совместно с Л.А.Арцимовичем) в 1944 г. В работе была рассмотрена задача о движении электронов в магнитном поле, вычислен спектр синхротронного излучения и т.д. Результаты работы И.Я.Померанчука и Л.А.Арцимовича, а также открытие В.И.Векслером автофазировки однозначно определили выбор типа проектировавшегося в то время электронного ускорителя» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.49). Об этой же аналогии пишут в той же книге Г.Н.Кулипанов и А.Н.Скринский: «Магнитотормозное (синхротронное) излучение заинтересовало И.Я.Померанчука в 1938 г. как возможная причина ограничения энергии электронов и позитронов, доходящих из космоса к Земле сквозь ее магнитосферу. Работа [1] ознаменовала начало изучения астрофизического аспекта магнитотормозного излучения. В ней было получено удобное выражение для погонных потерь энергии на синхротронное излучение при движении во внешнем магнитном поле и было показано, что вследствие излучения в магнитном поле Земли спектр поступающих в атмосферу первичных электронов ограничивается энергиями порядка  $10^{17}$  эВ» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.246). «Следующая работа И.Я.Померанчука в этой области [2], выполненная совместно с Д.Д.Иваненко в 1944 г., - пишут Г.Н.Кулипанов и А.Н.Скринский, - посвящена влиянию синхротронного излучения на работу циклического ускорителя – бетатрона – и непосредственно связана с решением атомной проблемы. В этой работе было показано, что синхротронное излучение приводит к установлению предела энергии электронов, ускоряемых в бетатроне» (там же, с.246).

**413) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук высказал идею о том, что в процессе упругого рассеяния неодинаковых нуклонов может происходить обмен их спинами (их вращательной способностью) по аналогии с тем фактом, что в этом процессе упругого рассеяния нуклоны могут обмениваться зарядом. В.П.Джелепов в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) вспоминает: «В опытах по исследованию упругого рассеяния неодинаковых нуклонов (пр-рассеяния) при высоких энергиях было установлено, что это рассеяние происходит в системе центра масс преимущественно вперед и назад, что, в свою очередь, свидетельствовало о существовании наряду с обычными силами интенсивных сил обменного характера, связанных с обменом зарядом. Мне приятно вспомнить, с каким большим интересом Исаак Яковлевич отнесся к этим результатам. Но что замечательно. Он тут же поставил интересный вопрос: не происходит ли при обменном пр-рассеянии наряду с передачей заряда от протона к нейтрону одновременно и обмен спинами? И вскоре развил соответствующую теорию, которая свидетельствовала о существовании такого эффекта. Результаты поставленного нами опыта по рассеянию нейтронов дейтронами подтвердили выводы теории Исаака Яковлевича и показали, что вклад спиново-обменных сил в обменное взаимодействие существен» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.107).

**414) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук (1958) сформулировал в физике элементарных частиц теорему о том, что при асимптотически больших энергиях должно иметь место равенство полных сечений взаимодействия частиц и античастиц, по аналогии со своими предыдущими теоремами, касающимися данного вопроса. Согласно первой из них, сформулированной в 1956 году, при асимптотически больших энергиях должны быть равны упругие сечения рассеяния антипротона и антинейтрона на протоне, а также и соответствующие полные сечения. Согласно второй теореме, которая является обобщением первой, при асимптотически больших энергиях должны быть равны упругие сечения рассеяния для нуклон-нуклонного и пион-нуклонного взаимодействий. Л.Б.Окунь в книге

«Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) пишет об известном ученом: «...Используя изотопическую инвариантность, он доказывает, что при асимптотически больших энергиях должны быть равны упругие сечения рассеяния антипротона и антинейтрона на протоне, а также и соответствующие полные сечения. В работе [75] аналогичные утверждения были обобщены для нуклон-нуклонного и пион-нуклонного взаимодействий» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.199). «В основе этих первых асимптотических теорем, - поясняет Л.Б.Окунь, - лежало представление о том, что при очень высоких энергиях должны доминировать каналы множественного рождения, число которых должно расти, в результате чего на канал перезарядки будет приходиться все меньшая доля полного сечения. По существу, это было естественное следствие представления о «черном» или «полусером» нуклоне. Та же дифракционная картина привела Исаака Яковлевича к формулировке в 1958 г. еще более сильной теоремы, согласно которой должно иметь место асимптотическое равенство полных сечений взаимодействия частиц и античастиц. Это утверждение было доказано в работе [76] на примере взаимодействий протон-протон и антипротон-протон, но в работе подчеркивалось, что такие же равенства должны иметь место для любой сильновзаимодействующей частицы и ее античастицы» (там же, с.199).

**415) Аналогия Исаака Померанчука.** И.Я.Померанчук пришел к мысли о лечении рака путем облучения больной ткани быстрыми протонами по аналогии с лечением того же рака с помощью гамма-лучей и электронов. Л.Б.Окунь в книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) пишет об идее, возникшей у Померанчука, когда он оказался на больничной койке с диагнозом – рак желудка: «Узнав в Онкологическом институте, что раковые опухоли повсеместно облучают гамма-квантами и электронами, и как физик понимая все преимущества протонов, Исаак Яковлевич сразу же поставил перед медиками и физиками вопрос о необходимости создания медицинских протонных пучков в нашей стране. Разумеется, физики немедленно откликнулись, надеясь, в частности, использовать протонные ускорители ИТЭФа и ОИЯИ для помощи самому Исааку Яковлевичу» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.131). В той же книге М.Ф.Ломов отмечает: «До Исаака Яковлевича вряд ли кому-либо приходила мысль использовать для медицины наши большие протонные ускорители. Реальным воплощением его идеи стало новое направление применения ускорителей, и «терапевтическая и экспериментальная» физика на протонном синхротроне ИТЭФа дала лечение уже полутора тысячам больных» (там же, с.158).

**416) Аналогия Анатолия Власова.** А.А.Власов (1938) ввел в теорию плазмы понятие самосогласованного поля и догадался о наличии коллективных явлений (колебаний) в плазме, опираясь на аналогию с исследованиями Джона Рэлея (1906) и Ирвинга Лэнгмюра (1929). Д.Рэлей говорил о коллективных вибрационных свойствах электронной плазмы, рассматривая задачу о поведении совокупности электронов в модели атома Томсона, а И.Лэнгмюр отмечал наличие данных коллективных вибрационных свойств, исследуя газовую плазму. А.А.Власов сообщает об этой аналогии в своей статье «О вибрационных свойствах электронного газа» (УФН, 1967, ноябрь): «Учет «далеких сил» естественно приводит к таким свойствам, которых нет в обычной газовой среде, укладывающейся по своим свойствам в обычную схему кинетического уравнения. К числу их нужно отнести своеобразные вибрационные свойства электронной плазмы, на наличие которых было кратко указано еще Рэлеем в 1906 г. в специальной задаче – о поведении совокупности электронов в старой модели атома Томсона и независимо в 1929 г. Лэнгмюром и Тонксом для газовой плазмы аналогичным путем» (Власов, УФН, 1967, с.445).

**417) Аналогия Михаила Лаврентьева.** М.А.Лаврентьев (1945) разработал теорию кумуляции – взрыва, происходящего при попадании снаряда в металлическую мишень, по аналогии с теорией гидродинамических явлений. М.А.Лаврентьев перенес в теорию взрыва

металла математический аппарат, который давно имелся в гидродинамике. Е.Н.Филинов в статье «Век Лаврентьева» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») пишет: «Основная (и на первый взгляд парадоксальная) идея М.А.Лаврентьева состояла в том, что при высоких давлениях, которые возникают при взрывах, можно с достаточной достоверностью рассматривать металл как идеальную несжимаемую жидкость, а образование кумулятивной струи – в качестве задачи о взаимодействии струй жидкости, для чего в механике уже имелся требуемый математический аппарат. Эта идея, подтвержденная экспериментально, инициировала новые теории направленного взрыва, сварки взрывом, высокоскоростного удара» (Е.Н.Филинов, Интернет). Об этой же аналогии М.А.Лаврентьева пишет Ю.Ергин в статье «Академик М.А.Лаврентьев в Уфе в годы войны» (журнал «Бельские просторы», 2006, № 2): «...Благодаря этой смелой гипотезе М.А.Лаврентьев перевел решение ряда проблем физики взрыва в круг задач классической механики жидкостей. Сейчас такой подход представляется вполне естественным и очевидным, однако в то время предложение считать металл идеальной жидкостью воспринималось как парадоксальное и вызывало острые дискуссии. Из воспоминаний Лаврентьева: «Мысль о том, что металл ведет себя как жидкость, многие называли нелепой. Помню, мое первое выступление об этом в Академии артиллерийских наук было встречено смехом... Гидродинамическую трактовку явления кумуляции поддержали М.В.Келдыш и Л.И.Седов...» (Ю.Ергин, 2006).

**418) Аналогия Давида Киржница.** Д.А.Киржниц (1962) независимо от А.Б.Мигдала сформулировал идею о возможности спаривания нейтронов и возникновении сверхтекучести в нейтронных звездах по аналогии с явлением спаривания электронов и возникновением электронной сверхпроводимости, а также по аналогии с эффектом спаривания нуклонов в ядрах. Д.Н.Воскресенский в статье «Нейтронные звезды» (журнал «Путь в науку», 2008) пишет: «В 1959 г. А.Б.Мигдал (ученик Л.Д.Ландау, один из создателей советской школы теоретической ядерной физики), а затем в 1962 г. В.Л.Гинзбург (удостоенный Нобелевской премии по физике 2003 г. за работы по теории сверхпроводимости) и Д.А.Киржниц по аналогии с явлениями электронной сверхпроводимости в металлах и спаривания нуклонов в ядрах предположили возможность спаривания нейтронов и возникновения сверхтекучести в нейтронных звездах. Впоследствии оказалось, что без учета явления сверхтекучести нельзя объяснить многие закономерности, такие как сбои периодов пульсаров и охлаждения нейтронных звезд» (Д.Н.Воскресенский, 2008).

**419) Аналогия Давида Киржница.** Идея Д.Киржница и В.Л.Гинзбурга (1964) о возможности возникновения во вращающейся нейтронной сверхтекучей звезде квантованных вихревых нитей родилась по аналогии с явлением возникновения подобных вихревых нитей во вращающемся сверхтекучем гелии. Напомним, что вихри в жидком гелии были предсказаны Р.Фейнманом, а экспериментально открыты рядом ученых, в том числе Э.Л.Андроникашвили (1955). Д.М.Седрамян и К.М.Шахабасян в статье «Сверхтекучесть и магнитное поле пульсаров» (УФН, 1991, июль) отмечают: «...Основные идеи и методы микроскопической теории сверхпроводимости были применены для рассмотрения внутреннего строения нейтронных звезд. Исследуя уравнение состояния нейтронной жидкости, А.Б.Мигдал сделал вывод о возможной сверхтекучести нейтронных звезд, В.Л.Гинзбург и Д.А.Киржниц по аналогии с вращающимся He II указали на возможность возникновения во вращающейся нейтронной сверхтекучей жидкости некоторой конфигурации вихревых нитей» (Д.М.Седрамян и К.М.Шахабасян, УФН, 1991, с.7).

**420) Аналогия Давида Киржница.** Д.А.Киржниц (1972) пришел к мысли о том, что феномен спонтанного нарушения симметрии исчезает в сверхплотном веществе Вселенной при достаточно высокой температуре по аналогии с исчезновением данного феномена в

сверхпроводнике при повышении той же температуры. А.Д.Линде в статье «Раздувающаяся Вселенная» (УФН, 1984, октябрь) подчеркивает: «Исследование свойств сверхплотного вещества, описываемого калибровочными теориями, началось с работы Киржница, в которой на основании аналогии между моделью Хиггса и теорией сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау было предсказано, что при достаточно высокой температуре  $T$  классическое скалярное поле  $\phi$ , приводящее к нарушению симметрии в теории, должно исчезнуть» (Линде, УФН, 1984, с.183). Об этой же аналогии Д.Киржница говорит Б.Э.Мейерович в статье «Гравитационные свойства космических струн» (УФН, 2001, октябрь): «Определяющий шаг к применению понятия о спонтанном нарушении симметрии в космологии был сделан в 1972 г. Киржницей. Он предположил, что (как и в твердых телах) в теории поля спонтанно нарушенная симметрия может быть восстановлена при достаточно высокой температуре. Так, считается, что на ранней стадии эволюции Вселенной, пока температура была достаточно велика, существовала симметрия электрослабого и сильного взаимодействий» (Мейерович, УФН, 2001, с.1033). Исходя из того, что повышение температуры сверхпроводника уничтожает его асимметрию, Д.Киржниц предположил, что и на ранних этапах эволюции Вселенной, когда ее температура была высокой, асимметрия отсутствовала. Наконец, реконструкция истории указанной идеи Киржница, данная А.Д.Линде и Б.Э.Мейеровичем, совпадает с описанием А.Ф.Андреева, Б.М.Болотовского и В.Л.Гинзбурга. Данные авторы в статье «Памяти Давида Абрамовича Киржница» (УФН, 1999, январь) отмечают: «Широкую известность получили идеи Д.А.Киржница о том, что раннюю стадию эволюции Вселенной можно рассматривать как фазовый переход в физическом вакууме, вызванный спонтанным нарушением симметрии. Такой подход позволил рассмотреть с учетом последних достижений теории элементарных частиц картину эволюции Вселенной на ранней стадии развития» (Андреев, Болотовский, Гинзбург, УФН, 1999, с.108).

**421) Аналогия Джона Кирквуда.** Д.Кирквуд (1946) построил теорию кинетических процессов в простых жидкостях по аналогии с теорией броуновского движения. И.З.Фишер в статье «Современное состояние теории жидкостей» (УФН, 1962, март) отмечает: «Кирквудом была предложена теория кинетических процессов в простых жидкостях, построенная в тесной аналогии с хорошо известной теорией броуновского движения» (Фишер, УФН, 1962, с.512). Далее И.З.Фишер говорит о теории Кирквуда: «Теория Кирквуда является в настоящее время единственной, позволяющей выразить кинетические коэффициенты для жидкости через межмолекулярные силы и функции распределения частиц жидкости. Кроме упоминавшихся выше задач, на базе этой теории была также рассчитана оптическая анизотропия, возникающая в потоке жидкости, и результаты опять оказались в удовлетворительном согласии с опытом. Много работ было выполнено по обобщению теории Кирквуда на многокомпонентные системы и ее приложениям к необратимым процессам в этих системах. Однако теория Кирквуда остается лишь приближенной из-за самого ее метода: модель броуновского движения, принятая здесь за образец, не может быть вполне адекватной для движения молекулы в жидкости» (Фишер, УФН, 1962, с.517).

**422) Аналогия Ф.Гранжана, В.Майера и А.Заупе.** Ф.Гранжан (1917), В.Майер и А.Заупе (1958) разработали феноменологическую теорию, описывающую поведение жидких кристаллов (нематиков), по аналогии с теорией ферромагнетизма, в которую П.Вейсс в свое время ввел понятие молекулярного поля. Лауреат Нобелевской премии по физике Пьер Жиль де Жен в книге «Физика жидких кристаллов» (1977) пишет: «Ясно, что в этой ситуации нужна очень простая феноменологическая теория, которая должна быть применимой независимо от конкретного вида взаимодействия. Для нематиков она должна быть аналогом приближения молекулярного поля, введенного Вейссом для ферромагнетиков. Такая теория была впервые предложена Гранжаном в 1917 г. в заметке,

которая не привлекла к себе большого внимания. Недавно Майер и Заупе привели более детальные вычисления и сравнили свои результаты с различными экспериментальными данными в серии статей» (де Жен, 1977, с.57). Говоря о такой разновидности жидких кристаллов, как смектики, де Жен отмечает: «С точки зрения статистической механики смектические фазы дают нам целый класс критических явлений, куда могут быть перенесены (и заново проверены) идеи, развитые для более простых систем (ферромагнетиков, сверхтекучих жидкостей и т.д.)» (там же, с.377).

**423) Аналогия Дж.Бэтчелора (Батчелора).** Дж.Бэтчелор (1950), работавший профессором Кембриджского университета, получил ряд важных результатов при описании свойств магнитного поля в турбулентной проводящей среде, когда обратил внимание на аналогию между завихренностью поля скорости в непроводящей жидкости и некоторыми свойствами магнитного поля. Кейт Моффат в статье «Вихревая динамика: наследие Гельмгольца и Кельвина» (журнал «Нелинейная динамика», 2006, том 2, № 4) пишет о формировании магнитогидродинамики (МГД): «МГД еще долго ожидала своего открытия, и только после работы Альфвена [1] эта тема достигла состояния, в котором важнейшее свойство «вмороженности» магнитного поля в идеально проводящую жидкость было, наконец, обнаружено. Вскоре после этого упоминавшаяся выше аналогия между завихренностью и магнитным полем была обнаружена и использована Бэтчелором [4] в первом исследовании влияния турбулентности на случайное магнитное поле» (К.Моффат, 2006). В.М.Эльзассер в статье «Магнитная гидродинамика» (журнал «Успехи физических наук», 1958, март) указывает, что толчком для оригинальных идей Бэтчелора явилось сходство (аналогия) между уравнением магнитной индукции и уравнением обычной гидродинамики для вихря: «Можно показать, что уравнение магнитной индукции полностью аналогично уравнению Гельмгольца для вихря скорости  $\omega$ :  $d\omega/dt = \text{rot}(v \times \omega) + \nu \Delta \omega$ . Свойства вихря скорости  $\omega$  достаточно хорошо известны благодаря опытам в спиральных трубках. Аналогия, существующая между уравнениями (5) и (22), дала возможность Батчелору получить сведения о свойствах магнитного поля в турбулентной проводящей среде» (Эльзассер, 1958, с.540). Используя аналогию Бэтчелора, отечественный физик С.С.Моисеев вывел уравнение альфа-эффекта в гидродинамической теории. И.А.Бурьлов, О.Е.Кузнецова, А.В.Фирулев в статье «О двух внешних силах, создающих гидродинамический альфа-эффект в несжимаемой жидкости» (сборник «Математическое моделирование в естественных науках», Пермь, 2001) пишут: «Известно, что завихренность поля скорости в непроводящей жидкости и магнитное поле обладают некоторыми похожими свойствами. Оба формально подчиняются уравнениям одинакового вида. Эта аналогия была отмечена еще Бэтчелором в начале 50-х годов при изучении гидромагнитной турбулентности и динамо-эффектов. Основываясь на этом свойстве и используя теорию среднего поля, Моисеев и соавторы (1983) получили уравнения альфа-эффекта для средней завихренности в сжимаемой среде» (Бурьлов, Кузнецова, Фирулев, 2001, с.7).

**424) Аналогия Джона (Джока) Эшелби.** Известный специалист в области механики сплошных сред Д.Эшелби (1951) использовал инвариантные интегралы для вычисления конфигурационной силы, действующей на упругую неоднородность, в теории статической линейной упругости по аналогии с инвариантными интегралами, использованными Д.К.Максвеллом (1873) при определении напряжений в электростатическом поле. В.И.Астафьев, Ю.Н.Радаев, Л.В.Степанова в книге «Нелинейная механика разрушения» (2004) пишут: «Впервые инвариантные интегралы появились в классическом «Трактате об электричестве и магнетизме» Максвелла в 1873 г. при определении напряжений в электростатическом поле. В статической линейной упругости аналогичные интегралы, используя метод Максвелла, ввел в 1951 г. Эшелби [221]. Фактически Эшелби использовал инвариантные интегралы для вычисления конфигурационной силы, действующей на

упругую неоднородность эллипсоидальной формы» (Астафьев, Радаев, Степанова, 2004, с.169).

**425) Аналогия АльдERTA Ван-дер-Зила.** А.Ван-дер-Зил (1955, 1957) построил теорию дробового шума в диодах и транзисторах с р-п переходами по аналогии с теоретическим рассмотрением передающей РС-линии с распределенными параметрами. М.Букингом в книге «Шумы в электронных приборах и системах» (1986) констатирует: «Первое теоретическое рассмотрение дробового шума в диодах и транзисторах с р-п переходами было предложено Ван-дер-Зилом [22, 23] на основе аналогии с передающей РС-линией с распределенными параметрами. Он рассмотрел «идеальный» диод, т.е. такой, у которого эффект генерации – рекомбинации носителей в обедненном слое и поверхностный эффект незначительны, и показал, что шум можно представить эквивалентным генератором тока, включенным параллельно переходу, у которого спектральная плотность шума зависит от выходного тока и проводимости перехода» (Букингом, 1986, с.72). И.И.Тaubкин в статье «Фотоиндуцированные и тепловые шумы в полупроводниковых р-п-переходах» (УФН, 2006, том 176, № 12) отмечает, что перспективы и возможности аналогии, обнаруженной Ван-дер-Зилом, до сих пор еще не исчерпаны: «Аналогия между диффузионно-рекомбинационным переносом неосновных носителей тока в нейтральных областях диода и токами в линии с распределенными параметрами оказывается более глубокой, чем было выявлено в [11], и распространяется на равновесные шумы» (Тaubкин, 2006, с.1328). [11] – это работа, в которой Ван-дер-Зил впервые реализовал указанную аналогию.

**426) Аналогия Сэма Эдвардса и Рудольфа Пайерлса.** С.Ф.Эдвардс и Р.Пайерлс (1954) разработали метод интегрирования в функциональном пространстве при решении задач квантовой теории поля по аналогии с методом интегрирования в функциональном пространстве, который использовал Р.Фейнман (1942) в нерелятивистской квантовой механике. То, что Р.Фейнман первым применил в квантовой физике метод интегрирования в функциональном пространстве, отмечают И.М.Гельфанд и А.М.Яглом. В статье «Интегрирование в функциональных пространствах и его применения в квантовой физике» (журнал «Успехи математических наук», 1956, том 11, выпуск 1 (67)) они пишут: «Началом проникновения методов интегрирования в функциональных пространствах в квантовую физику, по-видимому, надо считать 1942 г., когда в Принстоне была защищена диссертация Р.Фейнмана о принципе наименьшего действия в квантовой физике, содержащая новый вывод уравнения Шредингера» (Гельфанд, Яглом, 1956, с.77). «Первые несколько лет после появления работы [1а], - пишут указанные авторы о работе Р.Фейнмана 1942 года, - содержащийся в ней новый математический аппарат использовался в физических исследованиях почти лишь одним только ее автором. Однако в 1954 г. почти одновременно появились сразу две работы, фактически посвященные перенесению методов, использованных в [1а] для случая нерелятивистской квантовой механики, на случай квантовой теории поля – это работы Эдвардса и Пайерлса [13] и И.М.Гельфанда и Р.А.Минлоса [14]» (Гельфанд, Яглом, 1956, с.77).

**427) Аналогия Сэма Эдвардса.** С.Ф.Эдвардс (1965) получил ряд важных результатов в теории полимеров, когда обнаружил аналогию между конформациями гибкой цепи полимера и траекториями нерелятивистской частицы. Во внешнем потенциале обе системы описываются одним и тем же уравнением Шредингера. Пьер Жиль де Жен в своей Нобелевской лекции «Мягкие вещества» (УФН, 1992, сентябрь) отмечает: «Конечно, нам нужна некоторая теория при изучении мягкого вещества. И фактически оказывается, что между мягким веществом и другими областями физики иногда возникают удивительные теоретические аналогии. Один из основных примеров был приведен С.Ф.Эдвардсом: он обнаружил очень красивое соответствие между конформациями гибкой цепи и траекториями нерелятивистской частицы – статистический вес цепи соответствует

пропагатору частицы. Во внешнем потенциале обе системы описываются одним и тем же уравнением Шредингера. Это наблюдение дало ключ ко всему дальнейшему развитию статистики полимеров» (де Жен, УФН, 1992, с.131). Обнаружив аналогию между конформациями гибкой цепи полимера и траекториями нерелятивистской частицы, С.Ф.Эдвардс перенес в физику полимеров функциональные интегралы, диаграммы Фейнмана и другие средства квантовой электродинамики. Лауреат Нобелевской премии по физике Пьер де Жен в книге «Идеи скейлинга в физике полимеров» (1982) пишет: «Функциональные интегралы, диаграммы Фейнмана – вся эта техника современной теории многих тел впервые была применена к полимерам в пионерской работе С.Ф.Эдвардса» (де Жен, 1982, с.11).

**428) Аналогия Сэма Эдвардса.** С.Ф.Эдвардс (1975) применил метод реплик при исследовании и описании так называемых спиновых стекол – неупорядоченных магнетиков со случайно распределенными ферро- и антиферромагнитными обменными взаимодействиями – по аналогии с использованием того же метода реплик для описания полимерных сеток. С.Кучанов и В.Кислов в предисловии к книге М.Дой и С.Эдвардса «Динамическая теория полимеров» (1998) указывают: «Имя Сэма Эдвардса, профессора прославленной Кавендишской лаборатории Кембриджского университета, хорошо известно среди физиков благодаря его фундаментальным работам в области теории твердого тела, теории неупорядоченных сред и полимеров. В развитие последней Эдвардс внес особенно большой вклад, впервые сформулировав в терминах теоретической физики и решив ряд ключевых проблем науки о полимерах. Здесь с его именем связано, в частности, объяснение явления экранирования флуктуации плотности в концентрированных растворах макромолекул, введение в теорию известного «гамильтониана Эдвардса», а также метода реплик. Этот метод Эдвардс успешно применил к описанию полимерных сеток, а затем совместно с Андерсоном, - к спиновым стеклам» (С.Кучанов, В.Кислов, 1998). Что касается экранирования флуктуации плотности в растворах полимеров, то к этой идее С.Ф.Эдвардс пришел по аналогии с фактом экранирования кулоновского взаимодействия заряженных частиц в растворах электролитов, а также в электронной плазме. Говоря о формуле, выражающей факт экранирования флуктуации плотности в растворах полимеров, А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов в книге «Статистическая физика макромолекул» (1989), отмечают: «Выражение (24.9) напоминает хорошо известный элементарный факт из физики плазмы или растворов электролитов, где кулоновское взаимодействие заряженных частиц экранируется на расстояниях, больших дебаевского радиуса. На основании этой аналогии можно сказать, что объемные взаимодействия в полимерном растворе экранируются на расстоянии порядка  $\xi$  (С.Эдвардс, 1966)» (Гросберг, Хохлов, 1989, с.162).

**429) Аналогия Роя Глаубера.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2005 год Рой Глаубер независимо от И.Я.Померанчука разработал теорию столкновений адронов высокой энергии с ядрами по аналогии с теорией дифракции в физической оптике (теорией рассеяния). Р.Глаубер в статье «Теория столкновений адронов высокой энергии с ядрами» (УФН, апрель 1971 г.) пишет о развиваемой им теории таких столкновений: «В результате подавляющая часть происходящих событий может быть описана на языке, близком тому, который используется для описания дифракционных явлений в физической оптике. Теория, которую мы будем здесь обсуждать, в действительности является разновидностью теории оптической дифракции. (...) Это просто теория дифракции Фраунгофера, обобщенная для рассмотрения процессов многократного рассеяния с учетом потерь энергии и таких квантовомеханических переменных, как спин и изоспин» (Глаубер, УФН, 1971, с.641). «Подход к проблеме столкновения с ядрами, исходящий из наиболее общего вида теории многократного рассеяния, - поясняет Р.Глаубер, - имеет то преимущество, что дает поправки к более простому подходу через оптическую аналогию» (там же, с.648).

**430) Аналогия Роя Глаубера.** Р.Глаубер использовал математические методы расчета когерентности в теории субатомных частиц – короткоживущих бозонов – по аналогии с использованием данных методов для описания когерентности квантов света фотонов. В своей Нобелевской лекции «Сто лет квантам света» (УФН, 2006, декабрь) Р.Глаубер аргументирует: «Следует подчеркнуть, что математические приемы, развитые нами для изучения квантов света, можно в равной степени применить к более широкому классу частиц, подчиняющихся статистике Бозе-Эйнштейна. Он включает в себя атомы He, Na, Rb и все остальные, с которыми недавно оптическими методами были проведены эксперименты по получению бозе-конденсата. (...) Представляется, что этот формализм аналогичным образом применим к субатомным частицам – к короткоживущим бозонам. Пионы, которые сотнями и даже тысячами возникают при столкновениях тяжелых ионов при высоких энергиях, также являются бозонами. Пионы с одинаковыми зарядами обладают отчетливо заметным стремлением испускаться с сильно коррелированными импульсами, что со всей очевидностью является эффектом, аналогичным корреляции фотонов Ханбери-Твисса и требует такого же анализа» (Глаубер, УФН, 2006, с.1352). Впоследствии Р.Глаубер пришел к мысли о возможности по аналогии распространить те же методы расчета когерентности с теории фотонов, подчиняющихся статистике Бозе-Эйнштейна, на элементарные частицы, подчиняющиеся статистике Ферми-Дирака. Р.Глаубер в своей Нобелевской лекции говорит: «...Можно развить алгебраическую схему расчета средних значений произведений фермионных полей, которая, что примечательно, оказалась параллельной схеме, которую мы описали для полей фотонов. Имеется однозначное соответствие между математическими действиями и выражениями для бозонных полей, с одной стороны, и фермионных полей, с другой стороны. Это соответствие доказало свою полезность при описании динамики вырожденных фермионных газов» (там же, с.1352).

**431) Аналогия Х.Фешбаха, С.Портера и В.Вайскопфа.** Х.Фешбах, С.Портер и В.Вайскопф (1954), возможно, независимо от И.Померанчука и Р.Глаубера разработали оптическую модель атомного ядра, когда провели аналогию между рассеянием частиц на атомном ядре и прохождением света через полупрозрачную сферу. А.Р.Якубов в статье «Оптическая модель атомного ядра и влияние химического окружения на энергию химических связей» (журнал «Химия и компьютерное моделирование», 2002, № 8) пишет: «В 1954 г. в своих классических работах Фешбах, Портер и Вайскопф для преодоления трудностей, связанных с описанием упругого рассеяния нейтронов и понимания механизма протекания прямых ядерных реакций предложили оптическую модель атомного ядра, в которой провели аналогию рассеяния частиц на ядре с прохождением света через полупрозрачную сферу. В оптической модели предполагается, что ядро может быть описано комплексной потенциальной ямой, где мнимая часть потенциала описывает поглощение частиц падающего пучка» (Якубов, 2002, с.25).



«Н.Н.Боголюбов – математик Божьей милостью – по праву принадлежит к той плеяде великих русских ученых XX века, которые создали всемирно известную математическую школу в нашей стране. Его имя занимает достойное место в мировой математике, наряду с именами Пуанкаре, Гильберта, Колмогорова, Дирака, Понтрягина...».

В.С.Владимиров о Николае Боголюбове

**432) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов разработал математические методы теории возмущений для неконсервативных колебательных систем по аналогии с методами теории возмущений, использовавшимися в его время при описании консервативных систем, прежде всего, в небесной механике. Б.В.Медведев, Д.Н.Зубарев, М.К.Поливанов и Ю.Митропольский в статье «Николай Николаевич Боголюбов» (УФН, август 1969 г.) отмечают: «Асимптотическое интегрирование дифференциальных уравнений с малым параметром исследовалось, как известно, в небесной механике, однако там рассматривались только консервативные системы. Перенос разработанных там методов и, в частности, теории возмущений, на исследования неконсервативных колебательных систем был сопряжен с большими принципиальными трудностями. Н.Н.Боголюбову удалось построить методы теории возмущений для общего случая неконсервативных систем и создать ряд новых методов нелинейной механики» (Медведев, Зубарев и др., УФН, 1969, с.741).

**433) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов получил ряд важных результатов в квантовой теории поля, когда по аналогии перенес в нее идеи и методы статистической физики, в частности, метод вторичного квантования с использованием операторов рождения и уничтожения. Б.В.Медведев, Д.Н.Зубарев, М.К.Поливанов и Ю.Митропольский в статье «Николай Николаевич Боголюбов» (УФН, август 1969 г.) констатируют: «Последовательная разработка аппарата вторичного квантования в статистической физике естественно привлекла с начала 50-х годов внимание Н.Н.Боголюбова к задачам квантовой теории поля. В действительности в своих работах он всегда отмечает глубокое физическое и методическое родство нерелятивистской задачи многих тел и квантовой теории поля. Занимаясь обеими областями, он с успехом использует это родство для взаимного плодотворного переноса идей и методов между теорией поля и статистической физикой» (Медведев, Зубарев и др., УФН, 1969, с.742-743). Об этой же аналогии Н.Н.Боголюбова Б.В.Медведев пишет в статье «Н.Н.Боголюбов и матрица рассеяния» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)): «...Он уже много работал в статистической механике, и поэтому для него было естественным предложить сразу использовать формализм вторичного квантования, введя в качестве основных объектов не поля в координатном представлении  $\phi(x)$ ,  $\psi(x)$ ... как то обычно делается, а сразу операторы рождения и уничтожения  $a_\mu$ ,  $a_\mu^\dagger$ , подчиняющиеся бозевским (для простоты) перестановочным соотношениям» (Медведев, 1994, с.84). «Наконец, - продолжает Б.В.Медведев, - предложенную Н.Н. постановку задачи завершило то, опять-таки перенесенное из статистики, замечание, что любая участвующая в теории динамическая переменная должна выражаться через  $a_\mu$ ,  $a_\mu^\dagger$ , и, следовательно, записываться в принятых обозначениях в виде двойного ряда...» (там же, с.85).

**434) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов (1945) разработал знаменитый метод усреднения (асимптотический алгоритм) в теории нелинейных колебательных процессов, в том числе в радиотехнике, по аналогии с методом усреднения А.Пуанкаре, применявшимся в небесной механике. А.М.Самойленко в статье «Боголюбов и нелинейная механика» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) пишет: «При получении уравнений первых приближений Н.Н.Боголюбов и Н.М.Крылов обнаружили глубокую связь асимптотического алгоритма с методом усреднения в небесной механике. Они показали, что уравнения первого приближения получаются из точных путем усреднения по времени последних и сформулировали это в виде общего принципа, назвав его принципом усреднения. Строгое математическое обоснование эти идеи получили лишь в монографии Н.Н.Боголюбова [8] (1945 г.). Асимптотический метод в [7] иллюстрирован на многочисленных примерах из радиотехники, что сделало эту монографию чрезвычайно популярной среди прикладников и инженеров» (Самойленко, 1994, с.106). «В 1950 году, - добавляет А.М.Самойленко, - в работе «Теория возмущений в нелинейной механике» [13] Н.Н.Боголюбов излагает теорию метода усреднения, следуя монографии [8], максимально приспособив метод для практических применений. Изложенную теорию он

иллюстрирует на мастерски подобранном примере маятника с вибрирующей точкой подвеса...» (там же, с.113). Об этой же аналогии Боголюбова пишет В.И.Арнольд в статье «Недооцененный Пуанкаре» (журнал «Успехи математических наук», 2006, том 61, выпуск 1 (367)): «Интересно отметить соотношение теории усреднения динамических систем Боголюбова и Пуанкаре. Николай Николаевич рассказал мне (а до того – написал в своих книгах), что, в то время как Пуанкаре строил теорию усреднения для систем дифференциальных уравнений Гамильтона (небесной механики), Боголюбов распространил его теорию на более общие, произвольные динамические системы. Приготовляя русское издание работ Пуанкаре, я обнаружил в его письмах его собственное описание его работ об усреднении. Пуанкаре писал, что общую теорию усреднения динамических систем до него разработал шведский математик и астроном Линдштедт. Пуанкаре же, применяя метод Линдштедта к системам Гамильтона небесной механики, обнаружил некоторые специальные («симплектические» на сегодняшнем языке) явления, а потому специально описал теорию усреднения в системах Гамильтона, как отличающуюся от общей теории Линдштедта некоторыми специальными свойствами» (Арнольд, 2006, с.13).

**435) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов (1951) нашел адекватное математическое описание вращательных движений заряженных частиц в магнитном поле, когда по аналогии перенес на системы с вращающейся фазой уже упомянутый метод усреднения (асимптотический метод), впервые появившийся в небесной механике. А.М.Самойленко в статье «Н.Н.Боголюбов и нелинейная механика» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) отмечает: «В 1951 г. появляется работа Н.Н.Боголюбова по распространению асимптотических методов на системы с вращающейся фазой, выполненная совместно с Д.Н.Зубаревым, в которой асимптотический метод блестяще применяется к исследованию вращательных движений заряженных частиц в магнитном поле [17]. С 1947 года начинается развитие асимптотических методов и их распространение на широкие классы дифференциальных уравнений в работах большого числа авторов» (Самойленко, 1994, с.113).

**436) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов (1946) разработал статистический вариант математического описания турбулентного потока жидкости по аналогии со статистическим способом описания, применяемым в кинетической теории газов. М.И.Вишик, А.И.Комеч, А.В.Фурсиков в статье «Некоторые математические задачи статистической гидромеханики» (журнал «Успехи математических наук», 1979, том 34, выпуск 5 (209)) констатируют: «При больших числах Рейнольдса (т.е., грубо говоря, при больших скоростях и при малой вязкости) поток жидкости становится турбулентным, и поэтому в математической физике принято описывать его по аналогии с кинетической теорией газов (см. [3])» (Вишик, Комеч, Фурсиков, 1979, с.136). Здесь [3] - это книга Н.Н.Боголюбова «Проблемы динамической теории в статистической физике» (1946).

**437) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов (1955) построил аксиоматическую квантовую теорию поля в результате того, что по аналогии перенес в нее идеи и методы обобщенного функционального анализа, разработанного выдающимся математиком С.Л.Соболевым. Независимо от С.Л.Соболева основы обобщенного функционального анализа были заложены Л.Шварцом. Поскольку в данной аксиоматической квантовой теории поля (КТП) большую роль играет теория перенормировки, усовершенствованная Н.Н.Боголюбовым, то можно сказать, что Н.Н.Боголюбов заново построил теорию перенормировки благодаря тому, что по аналогии перенес в нее метод обобщенных функций Соболева-Шварца. С.С.Кутателадзе в статье «Сергей Соболев и Лоран Шварц: две судьбы, две славы» («Вестник РАН», том 75, № 4, 2005) пишет: «Н.Н.Боголюбов после беседы с С.Л.Соболевым по обобщенным функциям использовал его классы основных и обобщенных функций при построении своей аксиоматической квантовой теории поля. Это относится

также к аксиоматике Вайтмана. Более того, без обобщенных функций вообще нельзя построить аксиоматику квантовой теории поля» (С.С.Кутателадзе, 2005). Об этом же пишет Д.В.Ширков в статье «Вспоминая о Николае Николаевиче», которая представлена в книге «Воспоминания об академике Н.Н.Боголюбове» (2009): «Известно, что Николай Николаевич создал свой метод перенормировок на основе теории обобщенных функций Соболева-Шварца. Напомню, что боголюбровский метод перенормировок возник примерно во время написания нашей книги в середине 50-х. Николаю Николаевичу с сотрудниками (Остапом Степановичем Парасюком и, затем, В.С.Владимировым) пришлось существенно дорабатывать работы Соболева и Шварца применительно к нуждам КТП, в частности свести класс функций, позволяющих выполнять преобразование Фурье и определить операцию умножения сингулярных функций» (Ширков, 2009, с.157).

**438) Аналогия Николая Боголюбова.** Н.Н.Боголюбов (1957) независимо от Л.Д.Ландау, В.Л.Гинзбурга, Д.Бардина и Р.Шриффера построил микроскопическую теорию сверхпроводимости, руководствуясь аналогией между этой теорией и концепцией сверхтекучести жидкого гелия. Н.Н.Боголюбов ввел в теорию сверхпроводимости понятие спонтанного нарушения симметрии по аналогии с эквивалентным понятием из теории сверхтекучести. Он ввел в теорию сверхпроводимости понятие парной корреляции фермионов по аналогии с понятием парной корреляции бозонов из той же концепции сверхтекучести. Д.В.Ширков в статье «Год академика Боголюбова» (еженедельник ОИЯИ «Дубна», 20.08.2009 г.) отмечает: «Запускающим импульсом для подключения Николая Николаевича к разработке теории сверхпроводимости явилось появление в 1956 году в одном из журналов краткой заметки американского физика Леона Купера. НН сразу увидел аналогию с феноменом парной корреляции бозонного типа, открытым им при создании теории сверхтекучести» (Д.В.Ширков, 2009). Замечая о том, что феноменологическая теория сверхпроводимости Ландау-Гинзбурга не решала всех вопросов, связанных с природой сверхпроводимости, Д.В.Ширков далее в той же статье говорит о микроскопической теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера-Боголюбова, которая объяснила внутренний механизм возникновения сверхпроводящего тока: «Микроскопическая же теория была разработана лишь в 1957 г. в работах Бардина, Купера, Шриффера и Боголюбова. Здесь нарушение симметрии, как и в сверхтекучести, связано с фазовой инвариантностью. Николай Николаевич пришел к представлению о сродстве двух явлений: сверхтекучесть куперовских пар и создает сверхпроводящий ток. Вот цитата из его обзора того времени: «Свойство сверхпроводимости может трактоваться как свойство сверхтекучести системы электронов в металле» (Д.В.Ширков, 2009).



«...Наука и занятия ею занимали в нашей жизни огромное место, это было одновременно и работой, и хобби, и отдыхом, и даже наркотиком. Думаю, что живи я в лучших условиях, был бы, возможно, счастливее, больше отдыхал и повидал. Но интеграл от научной деятельности, если можно так выразиться, вполне вероятно, не был бы большим, чем он есть».

Виталий Гинзбург

**439) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Догадка лауреата Нобелевской премии по физике за 2003 год В.Л.Гинзбурга (1943) о том, что в сверхпроводниках должен иметь место дополнительный (циркуляционный или конвективный) механизм теплопередачи, возникла у него по аналогии с наличием дополнительного механизма передачи тепла в сверхтекучем гелии. В.Л.Гинзбург в книге «О науке, о себе и о других» (2003) пишет: «...В сверхпроводниках должен иметь место дополнительный (условно говоря, циркуляционный

или конвективный) механизм теплопередачи, аналогичный имеющему место в сверхтекучей жидкости. Собственно, именно эта аналогия и была для меня исходной в работе» (Гинзбург, 2003, с.233). «На конвективный механизм теплопроводности в сверхпроводниках, - подчеркивает Гинзбург, - я неоднократно обращал внимание, и долго совсем не мог понять, почему этот вопрос игнорируется. Сейчас мне кажется наиболее вероятным, что дело в понимании того факта, что конвективный механизм при правильном кинетическом расчете учитывается автоматически» (там же, с.237). Интересно отметить, что Гинзбург (1974) предсказал циркуляционный эффект в сверхтекучей жидкости по аналогии с термоэлектрическим эффектом в сверхпроводнике. «Наконец, остановлюсь, - отмечает Гинзбург, - на термомеханическом циркуляционном эффекте в сверхтекучей жидкости. В заполненном сверхтекучей жидкостью (конкретно, речь шла о гелии 2) кольцеобразном сосуде с двумя «слабыми звеньями» (например, узкими капиллярами) при наличии градиента температуры должно возникать сверхтекучее течение, охватывающее весь сосуд. Не лишено любопытства отметить, что к заключению о существовании такого эффекта мы пришли на основе аналогии с термоэлектрическим эффектом в сверхпроводящей цепи. В то же время вывод о существовании термоэлектрических эффектов в сверхпроводниках был в свое время сделан, напротив, по аналогии с «внутренней конвекцией», возникающей в гелии 2 при наличии градиента температуры» (Гинзбург, 2003, с.238).

**440) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Гинзбург (1949) ввел в теорию сверхпроводимости металлов понятие эффективной волновой функции сверхпроводящих электронов, позволившее найти математическое выражение для плотности свободной энергии сверхпроводника и поля (1949), по аналогии с понятием эффективной волновой функции в обычной квантовой механике. В книге «О науке, о себе и о других» (2003) В.Л.Гинзбург пишет: «Мы были с Ландау в хороших отношениях, я посещал его семинар и часто советовался с ним по различным вопросам. Идею ввести в качестве параметра порядка некоторую «эффективную волновую функцию сверхпроводящих электронов» Ландау одобрил и, таким образом, мы сразу же пришли к свободной энергии (12). (...) Введение последнего по аналогии с квантовой механикой очевидно, но возможно, что это было сделано только в разговоре с Ландау» (Гинзбург, 2003, с.208).

**441) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Гинзбург (1950) положил в основу построения феноменологической теории сверхпроводимости теорию фазовых переходов Ландау по аналогии с использованием той же теории фазовых переходов при разработке концепции сегнетоэлектрических явлений и теории сверхтекучести. «...Не следует забывать, - пишет Гинзбург, - что в основе всего лежала общая теория фазовых переходов второго рода, развитая Ландау еще в 1937 г., уже использовавшаяся мной для ряда случаев, а в работе [29] примененная к сверхпроводимости» (Гинзбург, 2003, с.209). Г.А.Смоленский и Л.А.Шувалов в статье «История развития сегнетоэлектричества в СССР» (сборник «Физика: проблемы, история, люди», 1986) пишут: «Вскоре после открытия титаната бария В.Л.Гинзбург (1946-1949 гг.), эффективно применив теорию фазовых переходов Л.Д.Ландау, создал феноменологическую теорию сегнетоэлектричества, которая до сих пор лежит в основе всех термодинамических описаний сегнетоэлектриков» (Г.А.Смоленский и Л.А.Шувалов, 1986).

**442) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Математическое уравнение для плотности свободной энергии сверхпроводника и поля было открыто Гинзбургом и Ландау по аналогии с квантовомеханическим выражением для гамильтониана частицы с зарядом и массой. Говоря об этом уравнении, Гинзбург в книге «О науке, о себе и о других» (2003) отмечает: «В выражении (12) и последующих фигурируют коэффициенты  $e$  и  $m$ . Такие обозначения выбраны, разумеется, по аналогии с квантовомеханическим выражением для гамильтониана частицы с зарядом  $e$  и массой  $m$ » (Гинзбург, 2003, с.209).

**443) Аналогия Виталия Гинзбурга и Льва Ландау.** В.Гинзбург и Л.Ландау (1950) нашли уравнение, описывающее эффективную волновую функцию сверхпроводящих электронов, по аналогии с уравнением Шредингера (1926) для частицы с определенным зарядом и массой (В.Гинзбург, «О науке, о себе и о других», 2003). Б.Горобец в книге «Круг Ландау» (2006) пишет: «Если заносить это достижение на Скрижаль, то, наверное, можно было бы выгравировать на ней основной член уравнения... Этот член напоминает по форме соответствующий член в знаменитом уравнении Шредингера для электрона. Но у Гинзбурга-Ландау он играет совершенно самостоятельную роль. У них квантово-механическое уравнение применяется не к микрочастице, а к конденсированным системам и объясняет их сверхпроводящее состояние» (Горобец, 2006, с.192).

**444) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Гинзбург (1950) высказал идею о том, что мощное излучение радиоволн некоторыми звездами является результатом быстрого движения электронов в сильном магнитном поле, при котором эти электроны излучают радиоволны (синхротронная гипотеза), по аналогии с возникновением радиоволновых колебаний при круговом движении заряженных частиц в магнитном поле (эффектом Шотта). Гинзбург подчеркивает: «Электромагнитное излучение, возникающее при движении релятивистских частиц в магнитном поле – синхротронное излучение, было довольно подробно проанализировано еще в 1912 г. Шоттом. Вопрос стал актуален, однако, лишь в 40-е годы в связи с созданием кольцевых электронных ускорителей (в особенности синхротрона), причем появилось большое число статей, повторяющих результаты Шотта и развивающих их. Сегодня кажется, что в такой ситуации должна была еще, по крайней мере, в 1946-1947 гг. возникнуть мысль о применении синхротронного механизма к космическим условиям, тем более что уже в 1939 г. Померанчук рассматривал излучение ультрарелятивистских электронов при их движении в земном магнитном поле» (Гинзбург, 2003, с.106). Независимо от Гинзбурга, синхротронная гипотеза выдвигалась Альфеном, Герлофсоном, Гордоном, Шкловским.

**445) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Гинзбург (1962) пришел к идее о возможности существования сверхтекучести в недрах нейтронных звезд и сверхпроводимости в атмосфере звезд типа белых карликов по аналогии с существованием данных явлений в земных условиях при охлаждении веществ до сверхнизких температур. Также ученый отталкивался от аналогии с предположением других исследователей о возможности сверхтекучести на уровне ядра атома. В книге «О науке, о себе и о других» (2003) Гинзбург вспоминает: «Году, кажется, в 1962-ом я ехал в поезде из Кисловодска в Москву. Был один в купе, читать было нечего, вот и решил что-нибудь придумать. Я уже ряд лет занимался физикой низких температур и астрофизикой, и поэтому, естественно, задался вопросом: где и в каких условиях сверхтекучесть и сверхпроводимость могут наблюдаться в космосе. Задать вопрос – это во многих случаях уже половина дела. Вот я и уложился во времени: подумал, что возможно существование сверхтекучести в нейтронных звездах, сверхпроводимости в атмосфере белых карликов...» (Гинзбург, 2003, с.240). «Фактически, тот факт, что в ядерной материи может возникнуть сверхтекучесть, был известен и до нас, но в применении к нейтронным звездам (ведь они тогда, в 1964 г., еще не были обнаружены) наша работа, насколько знаю, была пионерской» (там же, с.241).

**446) Аналогия Виталия Гинзбурга.** В.Л.Гинзбург сформулировал идею о возможности сверхпроводимости, обусловленной притяжением электронов за счет обмена экситонами (элементарными возмущениями в твердом теле, предсказанными В.Я.Френкелем), по аналогии с существованием сверхпроводимости, возникающей благодаря обмену фононами (квантами тепловых, или звуковых колебаний решетки кристалла). В.Л.Гинзбург в статье «Проблема высокотемпературной сверхпроводимости» (УФН, май 1968 г.) пишет: «Но удобнее всего, а в известном смысле и наиболее наглядно в настоящее время, пользоваться

понятием об экситонах – электронных возбуждениях (волнах). В этом случае, по крайней мере на словах, переход от фононного механизма к экситонному механизму сверхпроводимости сводится к замене фононов на экситоны» (Гинзбург, УФН, 1968, с.99).

**447) Аналогия Виталия Гинзбурга.** Гипотеза Гинзбурга (1965) о стремлении магнитного момента звезды к нулю при приближении радиуса ее поверхности к радиусу Шварцшильда, возникла у него по аналогии со стремлением к нулю количества света, испускаемого с поверхности звезды, при наличии сверхсильного гравитационного поля у данной звезды. В книге «О науке, о себе и о других» (2003) Гинзбург пишет: «В общем, ОТО я занимался мало и не отношусь к числу так называемых релятивистов. Упомяну об исследовании коллапса магнитной звезды (1964), приведшем к выводу о стремлении магнитного момента звезды к нулю при приближении радиуса ее поверхности к радиусу Шварцшильда. Это было первым указанием на эффект, который в дальнейшем стал описываться фразой «черные дыры не имеют волос». При этом за несколько лет до открытия пульсаров, а тем самым и нейтронных звезд, было подчеркнuto, сколь большим может быть магнитное поле таких звезд» (Гинзбург, 2003, с.365). И.Новиков в книге «Черные дыры и Вселенная» (1985) указывает: «Первая работа была сделана советским физиком академиком В.Гинзбургом. Он рассматривал вопрос о том, каково будет магнитное поле звезды, если ее сжимать до все меньших размеров. Оказалось, что если звезду сжать почти до гравитационного радиуса и на этом остановиться, то вблизи самой поверхности звезды магнитное поле необычно возрастет. При дальнейшем сжатии точно к гравитационному радиусу напряженность магнитного поля у поверхности стремилась бы к бесконечности! Но это абсурд! Я помню, с каким подъемом и волнением рассказывал В.Гинзбург об этом в Астрономическом институте имени П.К.Штернберга, а потом с каким энтузиазмом специалисты обсуждали эти выводы. Значение работы было огромно. Ведь если предположение о наличии магнитного поля у черной дыры ведет к абсурду (а так получилось!), значит, никакого магнитного поля у черной дыры не может быть вовсе! Все магнитное поле должно быть излучено или погребено внутри дыры!» (И.Новиков, 1985). Напомним, что идея о неспособности света покинуть поверхность звезды, имеющей очень большую силу тяготения, впервые была высказана П.Лапласом (1796). В 1916 году идея Лапласа была переоткрыта К.Шварцшильдом. Впрочем, в последнее время обосновывается положение о том, что черные дыры имеют магнитное поле. Так, Александр Волков в статье «Время прощаться с квазарами» (журнал «Знание-сила», 2002, № 4) пишет: «Вокруг черной дыры создается мощное магнитное поле. Под действием поля заряженные частицы (электроны) выбрасываются в виде двух огромных струй (джетов), направленных в противоположные стороны» (А.Волков, 2002).

**448) Аналогия Алексея Абрикосова.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2003 год А.А.Абрикосов (1953, 1957) выдвинул предположение о существовании вихревых структур в сверхпроводниках 2 рода (в сверхпроводящих сплавах металлов) по аналогии с существованием вихревых структур в гелии-2 (жидком гелии, охлажденном до очень низкой температуры). Впервые вихревые структуры в жидком гелии экспериментально обнаружил Э.Л.Андроникашвили, который показывал свои опыты Л.Д.Ландау, но тот отнесся к ним скептически. Позже аналогичный опыт, доказывающий наличие вихрей в гелии-2, поставил в Кембридже некто Осборн. В 1955 году Р.Фейнман построил теорию вихрей в жидком гелии. А.А.Абрикосов по аналогии заключил, что и в сверхпроводниках, состоящих из сплавов, должны быть вихри. В книге Б.Горобец «Круг Ландау» (2006) приводится письмо Е.М.Лифшица к лауреату Нобелевской премии по физике Д.Бардину, в котором говорится: «Статья Абрикосова (ЖЭТФ, 32, 1442, 1957) поступила в редакцию лишь в ноябре 1956 г. – через 18 месяцев после появления работы Фейнмана. В примечании на первой странице этой статьи указано, что идея о том, что сплавы представляют собой сверхпроводники со значениями параметра  $\kappa > 1/\sqrt{2}$  была впервые высказана Ландау. Никаких упоминаний о предшествующих идеях самого Абрикосова о квантованных вихрях в статье нет, но в ее §2

подробно обсуждается аналогия между вихревой структурой сверхпроводников и вихревыми нитями в жидком гелии, причем о теории последних идет речь как о теории Онсагера и Фейнмана» (Горобец, 2006, с.390-391). А.Абрикосов сам говорит об аналогии между сверхпроводимостью и сверхтекучестью. В статье «Современная теория сверхпроводимости» (УФН, 1958, август) он совместно с И.Халатниковым пишет: «Первый шаг на пути к пониманию явления сверхпроводимости был сделан в связи с открытием (Капица, 1938) явления сверхтекучести и созданием его теории (Ландау, 1941). Тогда же была указана глубокая аналогия между явлениями сверхтекучести и сверхпроводимости, позволившая говорить о сверхпроводимости как о сверхтекучести электронного газа в металле» (Абрикосов, Халатников, УФН, 1958).



«Его спокойная уверенность, основанная на непрерывной работе мысли, вежливость и мягкость, сочетавшиеся с твердостью в тех вопросах, которые он считал важными, ненавязчивое чувство собственного достоинства, неспособность нанести оскорбление никому, даже враждебному ему человеку, предельная искренность и честность проявились очень скоро».

Е.Л.Фейнберг об Андрее Сахарове

**449) Аналогия Андрея Сахарова.** Лауреат Нобелевской премии мира, создатель водородной бомбы А.Д.Сахаров (1948) пришел к идее о создании термоядерной (водородной) бомбы по аналогии с исследованиями Ватсона Дэвиса (1948), который утверждал о возможности создания мощной бомбы, в которой источником энергии взрыва будет дейтерий либо комбинация дейтерия и плутония. Г.А.Гончаров в статье «К пятидесятилетию начала исследований в СССР возможности создания термоядерного реактора» (УФН, 2001, август) пишет: «Отметим, что в номере журнала Science News Letter от 17 июля 1948 г. была опубликована статья Ватсона Дэвиса «Сверхбомба возможна». В статье говорилось, что создание атомной сверхбомбы в тысячи раз более мощной, чем существующие плутониевые бомбы, безусловно, находится в пределах возможного. Она будет, в основном, изготовлена из дейтерия. Однако в статье имелся специальный раздел, названный «Комбинированная бомба». В нем содержалось замечание о том, что, поскольку при одной из двух D+D реакций получается нейтрон, может оказаться целесообразным сделать комбинированную бомбу, в которой нейтроны D+D реакции будут делить плутоний. «Каждый компетентный химик скажет, что материалом для такой сверхбомбы могло бы быть химическое соединение плутония и дейтерия». Нельзя исключить, что предложение А.Д.Сахаровым «слойки» было стимулировано статьей В.Дэвиса. Ведь предложенная А.Д.Сахаровым «слойка» как раз и была комбинированной бомбой» (Гончаров, УФН, 2001, с.895).

**450) Аналогия Андрея Сахарова.** А.Д.Сахаров разработал математическую модель разлета атомов и элементарных частиц после ядерного взрыва по аналогии с уравнениями гидродинамики, допускающими автомодельное решение. В.Н.Тутубалин и Ю.М.Барабашева в книге «Математическое моделирование в экологии: историко-методологический анализ» (1999) пишут: «Вопрос же о том, сколько именно вещества прореагирует до разлета в пространстве, упирался в газодинамику. Сахаров изучал газодинамику по учебнику Ландау и Лифшица и непрерывно думал об этих предметах. Он сознавал себя солдатом одной из армий, которые вот-вот насмерть схватятся друг с другом. Надо сказать, что комната, которую дали Сахарову, хоть и находилась в центре Москвы, но в доме без удобств – с коридорной системой и даже дровяным отоплением. Понятно, что о ванной комнате и речи не было. Однажды Сахаров пошел в баню и, стоя в очереди в кассу, сообразил, что гидродинамическая картина взрыва описывается автомодельным решением уравнений гидродинамики. Это

означало, что решение является функцией одной переменной и его можно явно найти. И вот это было мистическим озарением. Сам Сахаров таких слов отнюдь не употребляет, но не составляет труда доказать, что речь шла именно о таком событии» (В.Н.Тутубалин, Ю.М.Барабашева, 1999). А.Д.Сахаров в книге «Воспоминания» (1996) пишет: «Газодинамику мы все изучали тогда по соответствующему тому замечательной многотомной монографии Ландау и Лифшица. Думал я об этих предметах непрерывно. Однажды, прочитав у Ландау и Лифшица о так называемых автомодельных решениях уравнений газодинамики (т.е. таких, в которых решение уравнений в частных производных сводится к уравнениям в полных производных), я пошел в баню (я уже писал, что в нашей квартире никакой ванной не было). Стоя в очереди в кассу, я сообразил (исходя из соображений подобия), что гидродинамическая картина взрыва в холодном идеальном газе при мгновенном точечном выделении энергии описывается функциями одной переменной» (А.Д.Сахаров, 1996).

**451) Аналогия Андрея Сахарова.** А.Д.Сахаров (1948) сформулировал идею о возможности мюонного катализа, при котором элементарные частицы мюоны, присоединяясь к атому водорода (дейтерию), вызывают в нем ядерные реакции, но сами сохраняют свою индивидуальность в течение какого-то времени, не испытывая превращений, руководствуясь аналогией. В частности, А.Д.Сахаров опирался на аналогию с явлением обычного химического катализа, при котором некоторые вещества запускают и ускоряют химические реакции, но сами в них не участвуют, либо участвуют, но в ограниченной степени. Основанием для проведения данной аналогии послужило сходство мюонов и обычных химических катализаторов по способности стимулировать процессы превращений без потери собственной индивидуальности в течение определенного времени. В международном ежегоднике «Холодный синтез», или третий путь получения ядерной энергии» (1988) С.С.Герштейн вспоминает: «В 1948 г. А.Д.Сахаров, узнав о работе Франка (который в 1947 г. обратил внимание на способность мюонов вызывать ядерные реакции – Н.Н.Б.), предложил пути практического применения использования мюонов. Андрей Дмитриевич уже тогда думал о мирном использовании ядерной энергии. Рассматривая вопрос о ядерных реакциях, вызываемых мюонами в жидком дейтерии или смеси дейтерия и трития, он обнаружил, что если образуются мезомолекулы  $ddm$   $dtm$ , то почти мгновенно легкие ядра вступят в реакцию синтеза. При этом мюон освободится, вновь образует мезоатом и мезомолекулу и вызовет новую реакцию синтеза и т.д. Иными словами, мюон может стать катализатором ядерных реакций синтеза» («Холодный синтез», 1988). А.Д.Сахаров в книге «Воспоминания» (1996) пишет: «Меня, однако, работа Франка заинтересовала совсем с другой стороны. В предложенном Франком механизме мю-мезон выступает в качестве катализатора ядерных реакций, облегчая их протекание и не расходуясь, в полной аналогии с известными из химии каталитическими реакциями. Я поставил перед собой вопрос, нельзя ли создать такие условия, при которых каждый мю-мезон (скажем, «сделанный» на ускорителе) вовлекал бы в ядерную реакцию большое число дейтонов. Попросту говоря, что будет, если в большой сосуд с дейтерием впустить пучок мю-мезонов? Я придумал название для этого предприятия – «мю-мезонный катализ», произвел некоторые оценки...» (А.Д.Сахаров, 1996).

**452) Аналогия Андрея Сахарова.** А.Д.Сахаров (1950) пришел к идее об удержании высокотемпературной плазмы управляемого термоядерного реактора с помощью магнитного поля по аналогии с идеей сержанта Советской Армии О.А.Лаврентьева (1950) об удержании плазмы в том же реакторе с помощью электростатического поля. В.Д.Шафранов в статье «Первый период истории термоядерных исследований в Курчатовском институте» (УФН, 2002, август) пишет об отзыве А.Д.Сахарова на данную идею О.А.Лаврентьева, изложенную в одном из его писем: «В конце отзыва Сахаров подчеркнул, что независимо от результатов дальнейшего обсуждения «необходимо уже сейчас отметить творческую инициативу автора». Следует заметить, что письмо было послано с Сахалина 29 июля 1950 г., а отзыв А.Д.Сахарова подписан уже 18 августа 1950 г. К этому времени О.А.Лаврентьев, сдавший

экзамены за три последних класса средней школы и демобилизовавшийся, уже поступил в Московский государственный университет. Письмо Лаврентьева натолкнуло А.Д.Сахарова на идею магнитной термоизоляции высокотемпературной плазмы. К октябрю, вместе с И.Е.Таммом, были сделаны первые оценки магнитного термоядерного реактора (МТР)» (Шафранов, 2001, с.879). Об этом же пишет Б.Д.Бондаренко в статье «Роль О.А.Лаврентьева в постановке вопроса и инициировании исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР» (УФН, 2001, август): «Идея О.А.Лаврентьева об удержании высокотемпературной плазмы от попадания на стенки реактора электрическим полем навела А.Д.Сахарова на мысль об удержании высокотемпературной плазмы магнитным полем. Откуда и появилось предложение А.Д.Сахарова и И.Е.Тамма (1950 г.) о разработке тороидальной модели магнитного термоядерного реактора (МТР), впоследствии трансформировавшегося в «токамак» (Бондаренко, 2001, с.887). «Конечно, интересно и не совсем обычно, - замечает Б.Д.Бондаренко, имея в виду, что Лаврентьев выдвинул идею удержания плазмы в столь раннем возрасте, - солдат действительной службы с семиклассным образованием пишет письмо И.В.Сталину с острова Сахалин, приглашен в Москву, дает толчок Сахарову и Тамму в их изобретении ТМР, и это же было только самое начало!» (там же, с.887). А.Д.Сахаров в книге «Воспоминания» (1996) указывает: «Летом 1950 года на объект пришло присланное из секретариата Берии письмо с предложением молодого моряка Тихоокеанского флота Олега Лаврентьева. Во вводной части автор писал о важности проблемы управляемой термоядерной реакции для энергетики будущего. Далее излагалось само предложение. Автор предлагал осуществить высокотемпературную дейтериевую плазму с помощью системы электростатической термоизоляции» (А.Д.Сахаров, 1996). «Во время чтения письма и писания отзыва, - поясняет А.Д.Сахаров, - у меня возникли первые, неясные еще мысли о магнитной термоизоляции. Принципиальное отличие магнитного поля от электрического заключается в том, что его силовые линии могут быть замкнутыми (или образовывать замкнутые магнитные поверхности) вне материальных тел, тем самым может быть в принципе решена «проблема контакта» (А.Д.Сахаров, 1996).

**453) Аналогия Андрея Сахарова.** А.Д.Сахаров (1960) независимо от Станислава Улама пришел к идее использования энергии ядерного взрыва для движения космического корабля по аналогии с применением той же энергии в атомной бомбе. М.Попов и А.Первушин в статье «Верхом на бомбе» (журнал «Мир фантастики», 2006, № 7) указывают: «Разрабатывался свой вариант взрыволета и в Советском Союзе. Его автором стал «отец» термоядерной бомбы – академик Андрей Сахаров. О своем проекте космического корабля на взрыволетном принципе он впервые сообщил в июле 1961 года на совещании ведущих советских атомщиков в Кремле. Конструктивно взрыволет Сахарова должен был состоять из отсека управления, отсека экипажа, отсека для размещения ядерных зарядов, основной двигательной установки и жидкостных ракетных двигателей» (М.Попов, А.Первушин, 2006). Кроме того, А.Д.Сахаров предложил использовать лазерный луч для возбуждения термоядерной реакции по аналогии с использованием обычного светового излучения для нагрева различных тел. А.Д.Сахаров в книге «Воспоминания» (1996) пишет: «В 1960-1961 гг. я еще раз выступил с предложением, относящимся к управляемой термоядерной реакции. В это время поступили сообщения о создании Маймоном в США первого лазера на рубине. Я выступил на объекте с докладом, в котором обосновывал возможность использования лазера для возбуждения термоядерной реакции в маленьких шариках, содержащих термоядерное горючее и обжимаемых за счет гидродинамических эффектов при импульсном нагреве лазерным лучом внешней поверхности шариков. В докладе были даны оценки необходимых параметров этих устройств. В дальнейшем оценки были уточнены в серии численных расчетов на ЭВМ, проведенных моими сотрудниками (в особенности Никитой Анатольевичем Поповым). В качестве возможных областей использования этого принципа я называл энергетику и термоядерные импульсно-реактивные двигатели космических кораблей будущего» (А.Д.Сахаров, 1996).

**454) Аналогия Самсона Кутателадзе.** Российский физик и математик С.С.Кутателадзе (1950) создал гидродинамическую теорию кризисов кипения (кризисов теплообмена при кипении, что одно и то же) по аналогии с теорией холодного барботажа. Отметим, что барботаж – это пропускание струи воздуха через жидкость. Другими словами, С.С.Кутателадзе разработал гидродинамическую теорию кипения благодаря тому, что провел аналогию между процессом кипения – выхода паров из сосуда с жидкостью при нагревании – и процессом барботажа – пропускания воздуха (газа) через жидкость. С.С.Кутателадзе в статье «Рабочая автобиография» (электронный ресурс, размещенный на сайте Института математики СО РАН) говорит о своей гидродинамической теории кипения: «Смею думать, что в настоящее время она является одной из основных в теории конвективного теплообмена при фазовых переходах. Одним из ее важных постулатов является аналогия гидродинамики кипения и холодного барботажа. Проверка этой аналогии была практически начата одновременно Актюрком в Англии и И.Г.Маленковым в моей лаборатории Института теплофизики. Последняя, многолетняя серия исследований установила как области существования этой аналогии, так и области отклонения от нее, обусловленные собственно процессом парообразования» (С.С.Кутателадзе, Интернет). Об этой же аналогии С.С.Кутателадзе пишет в книге «Основы теории теплообмена» (1979): «Изучение процесса кипения чрезвычайно сложно в связи с многочисленностью гидродинамических и термодинамических факторов, могущих так или иначе на него влиять, и тем, что большинство этих факторов одновременно меняется с изменением давления насыщения. Поэтому выделение гидродинамической основы механизма теплообмена при кипении является чрезвычайно существенным. Такое выделение возможно на основе введенной автором аналогии процессов кипения и барботажа жидкости газом через пористые поверхности. Опыты, проведенные совместно с И.Г.Маленковым, хорошо подтвердили существование этой аналогии и стабильность законов теплоотдачи через пористые поверхности с большим числом малых отверстий» (Кутателадзе, 1979, с.291). Оценивая значение аналогии С.С.Кутателадзе, В.Е.Накоряков в статье «Что отдашь – тебе придет...» (газета «Наука в Сибири», 1986, № 15) пишет о его гидродинамической модели кипения: «По своей простоте и схватыванию черт явления эта модель сравнивается сейчас с теорией турбулентности Кармана и моделью пограничного слоя Прандтля» (В.Е.Накоряков, 1986).

**455) Аналогия Валерия Покровского.** В.Л.Покровский (1968) использовал в теории критических явлений идею передачи энергии вихрям близких масштабов и соображения размерности по аналогии с тем, как Колмогоров применил ту же идею и те же соображения в теории турбулентного состояния. В.Л.Покровский в статье «Гипотеза подобия в теории фазовых переходов» (УФН, 1968, январь) отмечает: «По этому поводу следует вспомнить теорию турбулентности, где некогда возникла аналогичная ситуация. Казалось бы, вся информация заложена в уравнениях гидродинамики и теплопроводности. Однако потребовалось предварительно уяснить простую физическую картину турбулентного состояния (передача энергии вихрям близких масштабов и т.д.), что позволило Колмогорову построить простую теорию, основанную на соображениях размерности. Напрашивается идея аналогичного подхода к теории критических явлений. В последнее время появился ряд работ, выдвинувших простые гипотезы в структуре вещества в области фазового перехода» (Покровский, УФН, 1968, с.129).

**456) Аналогия Анатолия Логунова и Альберта Тавхелидзе.** А.Логунов и А.Тавхелидзе (1963) вывели математическое уравнение, описывающее упругое рассеяние адронов, по аналогии с уравнением Шредингера, модифицированным с учетом быстрого движения частиц. А.Потупа в книге «Бег за бесконечностью» (1977) пишет: «В 1963 году советские теоретики А.Логунов и А.Тавхелидзе показали, что упругое рассеяние адронов можно описать уравнением, которое представляет собой прямое обобщение уравнения Шредингера

на случай движения очень быстрых частиц. Оказалось, что потенциальная энергия взаимодействия адронов действительно определяется в основном множественными процессами» (А.Потупа, 1977). Об этом же пишут В.С.Владимиров, С.С.Герштейн, В.Г.Кадышевский и другие в статье «Анатолий Алексеевич Логунов» (УФН, 2007, январь): «Важным вкладом в современную квантовую теорию поля стало квазипотенциальное уравнение Логунова-Тавхелидзе – релятивистский аналог уравнения Шредингера» (Владимиров, Герштейн, Кадышевский, 2007, с.118).

**457) Аналогия Рашида Сюняева.** Р.Сюняев (1971) пришел к выводу о рассеянии реликтового излучения на свободных электронах Вселенной по аналогии с открытым в лабораторных условиях в 1922 году А.Комптоном эффектом увеличения длины волны электромагнитного излучения при столкновении с электронами. Этот эффект наблюдается при рассеянии излучения малых длин волн – рентгеновского и гамма-излучения. Кроме того, Р.Сюняев объяснил потерю энергии электронов при столкновении с электромагнитным излучением, то есть рассеяние релятивистских электронов на электромагнитных волнах, по аналогии экстраполируя на космические масштабы обратный эффект Комптона. Р.А.Сюняев и М.С.Лонгейр в статье «Электромагнитное излучение во Вселенной» (УФН, 1971, сентябрь) пишут: «Релятивистские электроны, рождающиеся во внегалактических радиоисточниках, теряют энергию как синхротронным, так и комптоновским механизмами. Синхротронные потери релятивистских электронов резко уменьшаются с выходом последних за пределы источников. Но от комптоновских потерь на реликтовом излучении они никуда уйти не могут и поэтому продолжают излучать в рентгеновском диапазоне, пока не потеряют всю свою энергию» (Сюняев, Лонгейр, УФН, 1971, с.78).

**458) Аналогия Лайнуса Полинга.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1954 год Лайнус Полинг (1928) выдвинул предположение о том, что химическое взаимодействие атомов и молекул сопровождается перекрыванием (гибридизацией) электронных орбит этих молекул, по аналогии с теорией эффекта Штарка, предложенной Шредингером. Эффект Штарка – это расщепление спектральных линий вещества в сильном электрическом поле. Шредингер объяснил это явление перемешиванием (перекрыванием) оптических частот атомов, подвергающихся действию электрического поля. В результате взаимодействия электрического поля атомов с внешним электрическим полем, полагал Шредингер, происходит взаимное наложение электронных орбит, что и вызывает спектральное расщепление. Полинг предположил, что при химическом взаимодействии атомов и молекул также происходит взаимное наложение их электронных орбит. Необходимо отметить, что Л.Полинг ввел в химию понятие суперпозиции орбит для объяснения строения бензола по аналогии с принципом суперпозиции состояний, заимствованным из квантовой механики. А.Д.Сахаров в книге «Воспоминания» (1996) пишет: «Критики квантовой химии утверждали, в частности, что идеалистическим является используемое в этой науке представление о суперпозиции орбит – на самом деле, если отвлечься от некоторых применявшихся тогда упрощений и «химического» языка, это было просто перенесение в химию общепризнанного в физике фундаментального квантовомеханического принципа суперпозиции состояний. Интересно, что критики идеи суперпозиции могли сказать по поводу молекулы бензола, обладающей шестерной осью симметрии, между тем, как в структурной формуле – ось симметрии третьего порядка» (А.Д.Сахаров, 1996). Понятие суперпозиции состояний ввел в квантовую теорию П.Дирак. Перенос понятий квантовой механики в химию позволил Л.Полингу построить метод электронных пар (метод валентных связей). М.Ю.Овчинников в статье «История квантовой химии» (сайт «Уфимское квантовохимическое общество») отмечает: «Работы В.Гейзенберга (расчет атома гелия), а также В.Гейтлера и Ф.Лондона (расчет молекулы водорода) послужили основой квантовой теории многоэлектронных систем. В период с 1928 по 1931 год, опираясь на их труды, а также данные Румера, Л.К.Полинг совместно с Джоном Кларком Слейтером разработал качественную химическую теорию –

метод электронных пар (более известный как метод валентных связей). Основная идея этого метода заключается в предположении, что при образовании молекулы атомы в значительной степени сохраняют свою электронную конфигурацию (электроны внутренних оболочек), а силы связывания между атомами обусловлены обменом электронов внешних оболочек в результате спаривания спинов» (М.Ю.Овчинников, Интернет).

**459) Аналогия Роберта Ван де Графа.** Р.Ван де Грааф (1929, 1932) разработал первый электростатический ускоритель элементарных частиц, в котором заряд непрерывно переносится бесконечной транспортерной лентой внутрь шарового электрода, по аналогии с потенциал-мультипликатором В.Томсона (лорда Кельвина), в котором перенос заряда также осуществляется транспортерной лентой. В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов в книге «Эйнштейн: изобретения и эксперимент» (1990) отмечают: «Интерес к электростатическим машинам вновь пробудился только к началу 30-х годов, когда американский физик Р.Ван де Грааф высказал идею, а затем и построил свой знаменитый высоковольтный генератор с полым шаровым электродом... Как известно, в этом генераторе заряд непрерывно переносится бесконечной транспортерной лентой внутрь шарового электрода и по законам электростатики распределяется на его внешней поверхности, потенциал которой постоянно растет» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990). «Небезынтересно отметить, - поясняют В.Я.Френкель и Б.Е.Явелов, - еще одно обстоятельство. Сам Ван де Грааф в основополагающей статье о генераторе, получившем впоследствии его имя, в качестве своего непосредственного предшественника указывает В.Томсона (лорда Кельвина), который еще в прошлом веке предложил два типа потенциал-мультипликаторов. В одном из этих мультипликаторов перенос заряда осуществлялся транспортерной лентой, а в другом – водяными каплями» (В.Я.Френкель, Б.Е.Явелов, 1990).

**460) Аналогия Эрнеста Лоуренса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1939 год Эрнест Лоуренс (1929) пришел к идее о создании циклотрона – кольцевого ускорителя элементарных частиц, в котором данные частицы, двигаясь по кругу, разгоняются магнитным полем, по аналогии со схемой кольцевого ускорителя частиц Рольфа Видероз, в котором частицы разгонялись электрическим полем. Схема ускорителя частиц Р.Видероз была описана в научной статье, которая однажды попала на глаза Э.Лоуренсу. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1972 год, один из создателей квантовой теории сверхпроводимости Леон Купер во 2-ом томе книги «Физика для всех» (Москва, «Мир», 1974) пишет: «Идея циклотрона пришла Лоуренсу в голову, когда случайно в 1929 г. он увидел статью немецкого инженера Видероз, посвященную ускорению частиц. Лоуренс не знал немецкого языка, но схемы, приведенные в статье, навели его на идею циклотрона (отсюда возникает вопрос: плохо это или хорошо не уметь читать по-немецки для доктора физических наук?)» (Купер, 1974, с.310). Об этом же говорит М.Льоцци: «Возможно, созданию этой новой установки способствовало знакомство Лоуренса с работой немецкого физика Р.Видероз, который получал атомные частицы большой энергии, не ускоряя их в сильных полях, а сообщая им периодические импульсы» (Льоцци, 1970, с.427). Алексей Левин в статье «Левиафаны науки» (журнал «Популярная механика», 2007, октябрь) пишет: «Рольф Видероз косвенным образом приложил руку и к изобретению циклотрона. Как ни странно, стимулом для создания этой машины стала его статья о линейном ускорителе. Эта малоизвестная история хорошо иллюстрирует, сколь непростым путем развивается научное знание. (...) В 1929 году статья Видероз попала на глаза молодому профессору Калифорнийского университета Эрнесту Орландо Лоуренсу, который понял, что резонансное ускорение частиц не обязательно осуществлять на прямолинейной траектории» (А.Левин, 2007). Р.Видероз и сам был близок к созданию кольцевого ускорителя, правда, с использованием электрического, а не магнитного поля. А.Левин в той же статье отмечает: «После окончания школы Видероз поехал в Германию изучать электротехнику в политехническом университете в Карлсруэ, а через три года набросал в блокноте схему

кольцевого ускорителя, разгоняющего электроны с помощью вихревого электрического поля, возникающего (в полном соответствии с уравнениями Максвелла!) при периодическом изменении магнитного потока. Фактически это обыкновенный электрический трансформатор, в котором одна из катушек заменена вакуумной камерой» (А.Левин, 2007). До Лоуренса в 1929 году Р.Ван де Граф создал первый электростатический генератор с ускоряющим напряжением до 80 тыс. вольт. Кроме того, Лоуренс руководствовался аналогией с эффектом И.Гитторфа (1869), который обнаружил, что магнитное поле сообщает катодным лучам (электронам) круговое движение.



«...Заложил основы теории информации, создал простейшие кибернетические устройства, моделировал шахматную игру компьютерными средствами, оставил след в криптографии, занимался анализом фондового рынка с использованием теории вероятностей. Он был блистательным мыслителем, гением, и это качество проявлялось тем ярче, чем сложнее перед ним стояла задача».

В.А.Бажанов о Клоде Шенноне

**461) Аналогия Клода Шеннона.** Клод Шеннон (1948) построил математическую теорию информации по аналогии с математической теорией энтропии Больцмана. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) констатирует: «Что такое информация? Оставляя в стороне вопрос о содержании этого понятия, Шеннон показал, что это измеримая величина: количество информации, содержащейся в данном сообщении, есть функция вероятности, что из всех возможных сообщений будет выбрано данное. Он назвал общий потенциал информации в системе сообщений как ее «энтропию». В термодинамике это понятие означает степень случайности (или, если угодно, «перемешанности») системы. Однажды Шеннон сказал, что понятием энтропии ему посоветовал воспользоваться математик Джон фон Нейман, указавший, что, так как никто не знает, что это такое, у Шеннона всегда будет преимущество в спорах, касающихся его теории» (Частиков, 2002, с.62). Другой аналогией, подтолкнувшей Шеннона к статистической теории информации, была опора на исследования Р.Хартли. Б.М.Писаревский и В.Т.Харин в книге «Беседы о математике и математиках» (1998), в параграфе «А.Н.Колмогоров. Лицо математики 20 века» указывают: «Первые шаги к введению понятия энтропии в теорию информации были сделаны в 1928 году американским инженером-связистом Р.Хартли. Он предложил характеризовать неопределенность опыта с  $k$  различными исходами количеством информации  $I = \log_2 k$ . При этом результат опыта с двумя возможными исходами содержит единичную информацию в 1 бит. От работ Р.Хартли берет начало комбинаторное направление в теории информации, игнорирующее возможное различие в характере исходов» (Б.М.Писаревский, В.Т.Харин, 1998). Независимо от К.Шеннона статистическую теорию информации формулировали Н.Винер и Р.А.Фишер. Б.М.Писаревский и В.Т.Харин в той же книге отмечают: «Сейчас теорию информации считают одним из разделов кибернетики. Во введении к первому изданию книги «Кибернетика», вышедшему в свет в 1948 году, Норберт Винер пишет: «...Нам пришлось разработать статистическую теорию количества информации. В этой теории за единицу количества информации принимается количество информации, передаваемое при одном выборе между равновероятными альтернативами. Такая мысль возникла почти одновременно у нескольких авторов, в том числе у статистика Р.А.Фишера, у д-ра К.Шеннона из Белловских телефонных лабораторий и у автора настоящей книги – из проблемы сообщения и шумов в электрических фильтрах. Следует, однако, отметить, что некоторые мои изыскания в этом направлении связаны с более ранней работой А.Н.Колмогорова в России, хотя значительная часть моей работы была сделана до того, как я обратился к трудам русской школы» (Б.М.Писаревский, В.Т.Харин, 1998).



«Школьником Бардин «перепрыгнул» через четвертый, пятый и шестой классы, сдав экзамены сразу за три года. В пятнадцать лет он стал студентом Висконсинского университета, а в двадцать получил степень бакалавра по электротехнике. Кроме того, он неизменно становился чемпионом университета по плаванию, прекрасно играл в бильярд и в гольф, несмотря на врожденный физический недостаток – тремор руки».

Г.А.Булыка и Е.В.Лисовская о Джоне Бардине

**462) Аналогия Д.Бардина, Л.Купера, Р.Шриффера.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1972 год Джон Бардин, Леон Купер и Роберт Шриффер (1957) построили квантовую теорию сверхпроводимости, в которой объяснили сверхпроводимость металлов, охлажденных до очень низкой температуры, возникновением связанных пар электронов, на основе аналогии. В частности, они по аналогии опирались на исследования Фрелиха (1950), который показал, что причиной сверхпроводимости может быть взаимодействие электронов, обусловленное взаимным обменом фононами – квантами тепловых колебаний кристаллической решетки охлажденного металла. Р.Шриффер, называя феномен взаимодействия (притяжения) электронов в сверхпроводнике термином «конденсация», подчеркивает: «Только в 1950 г., благодаря интуиции Фрелиха были распознаны силы, ответственные за конденсацию». Сам Фрелих (1950) пришел к мысли о возможности притяжения электронов в результате обмена фононом по аналогии с притяжением электронов в результате обмена фотоном, притяжения электрона к протону в силу фотонного обмена, притяжения протона к протону и нейтрона к нейтрону вследствие обмена мезонами. Бардин, Купер и Шриффер рассуждали: для сверхпроводящего металла характерно понижение свободной энергии электронов по сравнению с нормальным состоянием. В свою очередь, для пары электронов, между которыми возникло притяжение за счет обмена фононами, также характерно понижение свободной энергии по сравнению с несвязанными в пары электронами. Следовательно, связанные пары электронов являются причиной возникновения сверхпроводимости. Историк науки В.И.Рыдник в книге «Электроны шагают в ногу» (1986) пишет о взаимодействии электронов в сверхпроводнике: «Такое взаимодействие нередко приводит к притяжению участвующих в нем частиц. Не могло ли бы то же привести к притяжению двух электронов, обменивающихся фононом? Притяжение означает понижение свободной энергии системы электронов, которое как раз и характерно для сверхпроводящей фазы по сравнению с нормальной» (В.И.Рыдник, 1986). Одно весьма интересное замечание выдающегося физика Стивена Вайнберга говорит о том, что создатели квантовой теории сверхпроводимости действительно пришли к мысли о притяжении электронов за счет обмена фононами по аналогии с явлением притяжения протона к протону за счет обмена мезонами. В книге «Мечты об окончательной теории» (2004) С.Вайнберг указывает: «В 1987 г. Роберт Шриффер (один из создателей, вместе с Джоном Бардиным и Леоном Купером, современной теории сверхпроводимости) подчеркнул, что его собственная работа над проблемой сверхпроводимости возникла из опыта работы над мезонными теориями в физике элементарных частиц» (С.Вайнберг, 2004). Интересно, что еще русский физик А.Б.Мигдал догадывался о том, что причиной сверхпроводимости являются тепловые колебания решетки металла. В книге «Воспоминания о И.Я.Померанчуке» (1988) А.Б.Мигдал подчеркивает: «Все мои друзья, и в первую очередь Чук (Померанчук – Н.Н.Б.), знали, задолго до открытия изотопического эффекта в сверхпроводимости я был убежден, что причина сверхпроводимости кроется в колебаниях решетки. Я мотивировал это тем, что без внешнего воздействия электроны достаточно классичны и не могут привести к аномальному диамагнетизму» («Воспоминания о И.Я.Померанчуке», 1988, с.41). Об этом же пишет А.И.Ларкин в книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003): «Аркадий

Бенедиктович до работы Фрелиха понял, что обмен фононами приводит к притяжению между электронами. Открытие изотопического эффекта подтвердило его догадку, что фононы важны для сверхпроводимости. Осталось доказать, что это взаимодействие приводит к щели в спектре одноэлектронных возбуждений» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.41). Есть основания полагать, что Роберт Шриффер пришел к идее о необходимости связать сверхпроводимость с появлением пар электронов, связываемых за счет обмена фононами, по аналогии с исследованиями А.Б.Мигдала, который показал, что обмен фононами приводит к притяжению двух электронов друг к другу. В.А.Ходель в книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) указывает: «Нобелевский лауреат Р.Шриффер честно переписал его работу по электрон-фононному взаимодействию, опубликовав в Физикал Ревью статью, в которой просто заменил в формулах Аркадия Бенедиктовича акустический фононный спектр на эйнштейновский. Аркадий Бенедиктович стоял у истоков самого мощного из направлений современной теории конденсированного состояния вещества, связанного с применением методов квантовой теории поля, опубликовав в 1958 году вместе с В.М.Галицким, тоже его учеником, одну из самых первых и самых лучших работ на эту тему» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.55).

**463) Аналогия Роберта Хофстадтера.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1961 год Р.Хофстадтер использовал принцип двойной магнитной фокусировки электронов в работе по рассеянию электронов высокой энергии на ядрах и нуклонах, заимствовав по аналогии данный принцип из исследований Кая Сигбана по электронной спектроскопии атомов. Кай Сигбан в своей Нобелевской лекции «Электронная спектроскопия атомов, молекул и конденсированного вещества» (УФН, 1982, октябрь) констатирует: «Спектрометры с двойной фокусировкой стали часто использовать для исследований с высоким разрешением как в моей лаборатории, так и во многих других лабораториях. Такой тип фокусировки был также успешно использован Р.Хофстадтером в его известной работе по рассеянию электронов высокой энергии на ядрах и нуклонах» (Сигбан, УФН, 1982, с.224).

**464) Аналогия Джона Уилера.** Научный руководитель лауреата Нобелевской премии по физике Р.Фейнмана Джон Уилер (1946) высказал идею о существовании атомов и молекул, составленных из электронов и позитронов, по аналогии с существованием атомов, образованных протонами, захватившими в свою орбиту электроны. Д.Уилер рассуждал: если существует атом водорода, в котором электрон вращается вокруг протона, то почему бы не быть атомам, в которых электрон вращается вокруг позитрона? А если существуют молекулы, составленные из двух атомов водорода, то почему бы не быть позитронным молекулам? В 1946 году Д.Уилер изложил свою идею в статье, ожидая, что когда-нибудь появятся эксперименты, подтверждающие его гипотезу. Как ни удивительно, в 1981 году А.Миллз экспериментально получил отрицательный ион позитрония. А.Левин в статье «Есть молекулярный позитроний» (сайт «Элементы большой науки», 23.09.2007 г.) констатирует: «В 1981 году Аллен Миллз, который тогда работал в Белловских лабораториях, получил отрицательный ион позитрония, сложенный из пары электронов и одного позитрона. Аналогия между позитронием и водородом простирается и дальше. Атомы водорода склонны объединяться в двухатомные молекулы. Естественно предположить, что на такое способны и атомы позитрония. Об этом впервые догадался Уилер, о чем и написал в уже упомянутой статье о полиэлектронах (более того, он даже предсказал существование молекул из трех атомов позитрония). Физики не раз пытались создать в эксперименте предсказанные Уилером двухатомные системы, но из этого долго ничего не получалось. Только в 2005 году сотрудники Калифорнийского университета в Риверсайде... заявили, что им удалось произвести на свет двухатомный молекулярный позитроний – дипозитроний (в химической номенклатуре обозначается  $PS_2$ )» (А.Левин, 2007).



«...Из всех современных ученых именно Фейнман обладал лучшим «нюхом» на науку: он понимал физику не просто как набор уравнений, написанных на доске; он чувствовал ее где-то глубоко внутри себя, ощущал всеми фибрами души, что помогало ему смотреть в самое сердце этого предмета».

Джон Гриббин о Ричарде Фейнмане

**465) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1965 год Р.Фейнман разработал удачный вариант квантовой электродинамики, позволяющий устранить бесконечные значения энергии электрона из квантовой теории, когда по аналогии перенес в квантовую электродинамику концепцию запаздывающего дальнего действия, развитую Я.И.Френкелем и другими учеными. С.Е.Бреслер в книге «Воспоминания о Я.И.Френкеле» (1976) указывает на следующий факт: «Фейнман пишет, как в создании новых методов квантовой теории поля ему помогла изложенная в курсе электродинамики концепция запаздывающего дальнего действия, которая послужила Якову Ильичу в основном дидактическим средством для стройного и самосогласованного изложения электродинамики» (С.Е.Бреслер, 1976). Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) пишут: «Преобладающие теории поля гласили, что если все заряды составляют одно общее поле и если это общее поле взаимодействует со всеми зарядами, то невозможно избежать действия заряда с самим собой. Фейнман решил вернуться к более старой концепции действия на расстоянии – прямого взаимодействия зарядов, хотя и с некоторым запаздыванием. Согласно этому представлению, один электрон совершает колебание, в результате которого через определенное время колеблется другой электрон (временное запаздывание определяется расстоянием до второго электрона и скоростью света). Однако в этом случае первый электрон никак не может взаимодействовать сам с собой. Именно с такой мыслью Фейнман приехал в Принстон. Он еще не разработал полную теорию; это был всего «полуфабрикат». Однако, как рассказывал Фейнман в 1965 году, он «страстно влюбился» в эту концепцию и «оказался привязанным своим юношеским энтузиазмом к этой теории, несмотря на все трудности, связанные с ней...» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.80). Что касается предшественников Р.Фейнмана в разработке теории дальнего действия, то еще Ф.М.Ампер построил математическую теорию электромагнетизма, в которой использовал понятие дальнего действия, по аналогии с математической теорией гравитационного взаимодействия, где также используется понятие дальнего действия. В.Карцев в книге «Максвелл» (1974) пишет: «Формальное сходство законов, математических выражений для, казалось бы, разных явлений – гравитационного и электрического взаимодействия – убедило Ампера в том, что основой любой общей теории электромагнетизма должно быть хорошо зарекомендовавшее себя дальнее действие» (Карцев, 1974, с.121).

**466) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Одной из исходных посылок вывода Р.Фейнмана о том, что изменение направления движения электрона во времени эквивалентно изменению знака его заряда, так что электрон, который движется вперед во времени, - это позитрон, который движется назад во времени, и наоборот, была аналогия с исследованиями его научного руководителя Джона Уилера. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) говорят о Фейнмане и Уилере: «Когда осенью 1940 года два исследователя работали над этой теорией, Д.Уилер однажды позвонил Фейнману. Он сказал: «Фейнман, я знаю, почему у всех электронов одинаковый заряд и одинаковая масса». Когда Фейнман спросил: «Почему?» – Уилер ответил: «Потому что все они – это один и тот же электрон!» И он объяснил свою самую последнюю блестящую мысль о том, что позитрон можно рассматривать как электрон, который движется назад во времени, и что все электроны и все

позитроны во Вселенной – это, в действительности, своего рода сечение, проведенное через сложную зигзагообразную траекторию, по которой одна частица пересекла Вселенную через пространство-время, создав сложный узел. Когда первая вспышка энтузиазма погасла, Д.Уилер понял, что эта идея не сработает, в частности потому, что в этом случае число позитронов во Вселенной должно равняться числу электронов, так как для каждого «зига», направленного вперед во времени, должен существовать свой «заг», направленный назад во времени. На самом же деле, во Вселенной, судя по всему, существуют только те позитроны, которые создаются при взаимодействиях частиц; они вскоре после своего появления встречаются с электронами и аннигилируют. Однако в дерзкой идее Уиллера содержался зачаток важной концепции, которую Фейнман впоследствии развил совсем в другом направлении. Это была мысль о том, что изменение направления движения электрона во времени эквивалентно изменению знака его заряда, так что электрон, который движется вперед во времени, - это позитрон, который движется назад во времени, и наоборот. Во всех квантово-механических вычислениях позитроны можно просто-напросто представить в виде электронов, которые движутся из прошлого в будущее, подобно опережающим волнам в обычно пренебрегаемом решении уравнений Максвелла: еще один пример того, как одно и то же явление можно описать совершенно по-разному» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.85). Сам Р.Фейнман в своей Нобелевской лекции «Развитие пространственно-временной трактовки квантовой электродинамики» (УФН, 1967, январь) говорит о Д.Уилере: «Я не воспринял серьезно его идею о том, что все электроны эквивалентны. Однако я ухватился за его мысль о том, что позитроны можно представлять просто как электроны, идущие из будущего в прошлое в обратном сечении их мировых линий. Вот это я и присвоил!» (Фейнман, УФН, 1967, с.36).

**467) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман (1941) разработал новый математический аппарат квантовой механики, отличный от Гамильтонова подхода, по аналогии с лагранжевым способом нахождения полной траектории движения объекта. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) отмечают: «Весной 1941 года, когда Фейнман сражался с этой проблемой, он однажды отправился выпить пива в Нассау-Таверну в Принстоне. Там, как он рассказал в своей Нобелевской лекции, он заговорил с одним физиком, только что приехавшим из Европы, Гербертом Джелом. Джел спросил, над чем работает Фейнман, Фейнман ему ответил, причем его ответ закончился вопросом: «Не знаете ли вы какой-либо путь получения квантовой механики из принципа действия, где интеграл, определяющий действие, входил бы в квантовую механику?» «Нет», - ответил Джел. Однако он знал о какой-то малоизвестной статье Дирака, опубликованной восемь лет назад, в которой в квантовую механику вводится лагранжиан. Он обещал показать ее Фейнману на следующий день. На следующий день два физика отправились в Принстонскую библиотеку... и вместе прочитали работу Дирака. Именно это и искал Фейнман. Под заголовком «Лагранжиан в квантовой механике» Дирак объяснил, что квантовая механика получилась по аналогии с гамильтоновым подходом к классической механике, и заметил, что лагранжев подход представляется более фундаментальным и что в квантовой механике недурно было бы найти двойник лагранжиана, используемого в классической механике, то есть именно то, чем занимался Фейнман» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.88). «Всего через пару дней после того, как Фейнман вместе с Джелом изучил старую статью Дирака, - поясняют Д.Гриббин и М.Гриббин, - Ричарда посетило озарение, позволившее ему применить этот лагранжиан для решения задач, в которых встречались траектории через пространство и время, связывающие события, разделенные уже конечным расстоянием, а не только бесконечно малым промежутком. Эти четырехмерные траектории называются мировыми линиями; их можно представить в виде двумерных графов...» (там же, с.89).

**468) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Ричард Фейнман ввел в квантовую электродинамику приближенные методы расчета наблюдаемых характеристик электромагнитного

взаимодействия частиц по аналогии с методами математической теории малых возмущений. А.А.Богуш в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) подчеркивает: «...Важнейшей особенностью электромагнитных взаимодействий, благоприятной для построения теории, является малая интенсивность этих взаимодействий» (Богуш, 1990, с.18). «Благодаря этому, - продолжает А.А.Богуш, - в квантовой электродинамике применимы приближенные методы расчета наблюдаемых характеристик процессов электромагнитного взаимодействия, основанные на теории малых возмущений – по существу единственном способе решения нелинейных уравнений для взаимодействующих полей» (там же, с.18). Напомним, что Н.Бор (1913) построил теорию стационарных состояний энергии атома водорода, находящегося во внешнем возмущающем силовом поле, по аналогии с классической теорией возмущений, которая была разработана Лагранжем (1770) и которой давно пользовались астрономы. Например, Жозеф Леверье, применив классическую теорию возмущений, предсказал существование планеты Нептун. Именно Н.Бор одним из первых перенес астрономический метод теории возмущений в атомную физику.

**469) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Ричард Фейнман (1949) разработал в квантовой электродинамике вычислительную процедуру перенормировки, согласно которой величины заряда и массы электрона, получающиеся бесконечными при математическом вычислении, следует отождествлять с наблюдаемыми конечными значениями заряда и массы данной частицы, руководствуясь несколькими аналогиями. Во-первых, идея перенормировки подсказывалась аналогией с исследованиями В.Гейзенберга, который утверждал, что в теорию микромира должны входить только наблюдаемые величины. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988) пишет о Гейзенберге: «...Выступление Гейзенберга с его математической трактовкой квантовой механики базировалось на утверждении, что в теорию микромира должны входить только наблюдаемые величины. Причем свое утверждение Гейзенберг возвел в ранг принципа «принципиальной наблюдаемости», трактуемого в чисто позитивистском духе: физическая реальность существует постольку, поскольку она является предметом наблюдения» (Готт, 1988, с.61). Обратив внимание на то, что Гейзенберг создал матричное исчисление и сформулировал соотношение неопределенностей в квантовой механике на основе принципа наблюдаемости, то есть отождествляя характеристики внутриатомного движения с наблюдаемыми частотами и амплитудами излучения атома, Фейнман по аналогии решил, что и те величины заряда и массы электрона, которые приобретают бесконечные значения в математической теории электродинамики, следует отождествлять с наблюдаемыми значениями заряда и массы электрона. В результате Фейнман предложил формальную процедуру вычитания одних бесконечностей из других. В.С.Готт отмечает: «...Квантовую электродинамику построить нельзя лишь на основе уравнений для квантованных полей, т.е. уравнений Максвелла и Дирака. Теория нуждается в определенной процедуре устранения бесконечностей из различных величин, имеющих непосредственный физический смысл. Эта процедура основана на простой физической идее перенормировки, согласно которой величины заряда и массы электрона должны отождествляться с наблюдаемыми конечными значениями заряда и массы электрона. Таким образом, мы пока закрываем глаза на то, что на современном этапе развития физической теории мы получаем для заряда и массы электрона бесконечные значения» (Готт, 1989, с.123). Вторая аналогия Фейнмана состояла в том, что он отталкивался от исследований Ханса Бете, который первым стал применять метод перенормировки в вычислениях, связанных с поиском точной интерпретации лэмбовского сдвига. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) отмечают: «...Бете вычислил энергию электрона в атоме водорода, получив обычную бесконечность плюс поправку, обусловленную присутствием соседних атомных ядер (в данном случае одного протона). Из полученного значения он вычел энергию свободного электрона, равную бесконечности, после чего осталась только поправка – искомый энергетический сдвиг. Этот подход, названный «перенормируемостью», впервые появился в работе голландского физика Хендрика Крамерса

(еще одного участника конференции из Шейтер-Айленд), связанной с другой загадочной бесконечностью, которая, несмотря на ее кажущуюся невозможность, возникает в квантовой теории» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.108). Отталкиваясь по аналогии от метода перенормировки Х.Бете, который впоследствии был оценен как открытие, Р.Фейнман усовершенствовал его – разработал релятивистски инвариантную версию этого вычисления. Д.Гриббин и М.Гриббин указывают: «Фейнман впервые услышал о новом открытии от самого Бете, который позвонил ему из Шенектади. Однако, несмотря на взволнованный голос Бете, Ричард не сразу проникся пониманием важности этого открытия. И только когда Бете вернулся в Корнелл и прочитал официальную лекцию о своем открытии, в конце которой он отметил необходимость релятивистски инвариантной версии этого вычисления, Ричард осознал, что происходит» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.110). Р.Фейнман индуктивно обобщил безуспешность многочисленных попыток физиков и математиков устранить бесконечные значения из квантовой электродинамики и решил, что нужно, по аналогии с работами Гейзенберга, просто отождествить теоретически вычисляемые величины заряда и массы электрона с наблюдаемыми их значениями путем вычитания одних бесконечностей из других. Это объясняет, почему П.Дираку не нравилась идея перенормировки Фейнмана. В книге «Мечты об окончательной теории» (2004) С.Вайнберг пишет: «...Дирак всегда сравнивал процедуру перенормировки с заметанием мусора под ковер. Я не соглашался с Дираком и вел с ним дискуссии на конференциях в Корал Гейбл и Лейк Констанс» (Вайнберг, 2004, с.92). Искусственность процедуры перенормировки осознавал сам Фейнман. Д.Гриббин и М.Гриббин указывают: «Все это не лишено некоторой доли иронии, так как сам Фейнман не был уверен в том, что сказал в квантовой электродинамике последнее слово. В частности, подобно Дираку, он был недоволен перенормируемостью, которую в своей Нобелевской лекции он описал как «способ спрятать под плед трудности с расходимостями в квантовой электродинамике». В «КЭД» он описал перенормируемость на более типичном для себя языке: «Это я назвал бы сумасшедшим процессом» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.136).

**470) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман разработал теорию слабого взаимодействия, в которой использовал метод интегрирования по путям и процедуру перенормировки, по аналогии со своей квантовой электродинамикой, в которой он также применил метод интегрирования по путям и процедуру перенормировки. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) констатируют: «Соответствие между правилами слабого взаимодействия и КЭД настолько точно, что нет смысла притворяться и говорить, что это две разные теории. Сегодня физики говорят о теории «электрослабых» взаимодействий – одной системе уравнений, описывающей все электромагнитные и слабые взаимодействия (включая, как вы помните, и всю классическую механику в фейнмановской версии КЭД). Этот набор уравнений (и диаграмм), по сути дела, и есть сам шаблон КЭД. Объясняя все, что можно объяснить о взаимодействиях электронов и фотонов, шаблон КЭД объясняет также и все то, что можно объяснить о слабых взаимодействиях, почти со столь же высокой точностью, которая присуща и самой КЭД» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.133).

**471) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман (1953-1958) построил теорию сверхтекучести жидкого гелия, основанную на способе интегрирования по путям и диаграммной технике, которая представляет собой графический метод теоретического анализа рассеяния элементарных частиц, по аналогии с квантовой электродинамикой и теорией слабого взаимодействия, где способ интегрирования по путям и диаграммная техника также играют важную роль. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) указывают: «Фейнман объяснил сверхтекучесть жидкого гелия в серии из 10-ти научных работ (больше, чем он опубликовал по КЭД) за пять лет (1953-1958); многие из них основаны на работе, сделанной им в перипетиях второго брака и последствий этой ошибки. Как обычно, он исходил из первых принципов, в основном игнорируя все усилия, уже приложенные другими людьми, пытавшимися решить эту задачу, и размышляя о поведении отдельных

атомов в жидкости: как они колеблются, движутся друг относительно друга или отскакивают друг от друга. Он использовал подход, связанный с интегрированием по путям, который в данном случае оказался не менее эффективным, чем в КЭД или в классической оптике, создав теорию, которую физик Дэвид Пайнс описал как «смесь волшебства, математической смекалки и изощренности с физическим пониманием...». Пайнс также обращает наше внимание на то, что вторая работа из этой серии содержит всего одно уравнение, но приводит читателя к определенным выводам относительно поведения жидкого гелия, начав с того, что он является конденсатом Бозе-Эйнштейна, и используя только лишь «цепочку полностью обоснованных аргументов». Наряду с созданием удовлетворительной модели сверхтекучести, Фейнман научил целое поколение физиков, работающих с конденсированным состоянием, использовать фейнмановские диаграммы и интегралы по путям, сделав эти методы незаменимыми инструментами в данной области физики» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.155).

**472) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман разработал предварительный вариант квантовой теории гравитации по аналогии со своей квантовой электродинамикой. Он перенес из КЭД в теорию гравитации глобальную идею – теорию возмущений. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) пишут: «...В то время Фейнман ввел в теорию гравитации одну глобальную идею – теорию возмущений, которую он изначально развил в контексте КЭД. Это был еще один пример того, как Фейнман из своего обширного набора математических методов смог подобрать нужный инструмент для работы» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.248). Кроме того, Р.Фейнман считал возможным перенести в квантовую теорию гравитации принцип Маха, согласно которому масса любого тела определяется его взаимодействием с отдаленными телами Вселенной. Д.Гриббин и М.Гриббин отмечают: «В лекции по гравитации попало и очарование Фейнмана принципом Маха, которое также напрямую связано с современными достижениями физики. Мысль о том, что инерция любого объекта вызвана гравитационными взаимодействиями с очень отдаленными объектами, очень близка старой идее Фейнмана о том, что реакция излучения, которую испытывает заряженная частица (своего рода электрическая инерция), вызвана электромагнитными взаимодействиями с очень далекими заряженными частицами. В своих лекциях по гравитации Фейнман не стал придумывать концепцию опережающих гравитационных взаимодействий, объясняющих инерцию так же, как когда-то они с Д.Уилером изобрели концепцию опережающих электромагнитных взаимодействий, описывающих силы, действующие между заряженными частицами» (там же, с.258).

**473) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман (1969) нашел правильную интерпретацию опытов по облучению нуклонов (протонов и нейтронов) электронами высоких энергий по аналогии с объяснением картины, возникающей на экране радиолокационной станции при разрушении самолета или ракеты. В.С.Барашенков в книге «Вселенная в электроне» (1988) пишет о том, как Р.Фейнман объяснил появление на экранах регистрирующих приборов размазанного светового пятна в опытах по бомбардировке нуклонов электронами: «Правда, в опыте использовались не светящиеся экраны, как это делал когда-то Резерфорд при просвечивании атома, а более сложные регистрирующие приборы, но все равно после обработки с помощью ЭВМ их показания в виде точек и пятен можно вывести на экран телевизора. И они получались не такими, как это должно быть для монолитного нуклона. В чем тут дело, первым понял американский физик Р.Фейнман» (В.С.Барашенков, 1988). «Так вот, - продолжает В.С.Барашенков, - анализируя результаты новых опытов по рассеянию электронов, Фейнман использовал аналогию с радиолокацией. Когда самолет или ракета разваливаются на куски, к оператору следящей радиолокационной станции приходит отражение от каждого из них – целый набор отраженных лучей, и вместо яркой точки он видит на экране размазанное световое пятно. В своей статье Фейнман привел пример с роем пчел: близорукий человек видит его как единый темный ком, а наблюдатель с острым

зрением различает множество снующих насекомых. Таким образом, сделал вывод ученый, нуклон тоже является роем каких-то очень мелких частичек. Из них состоит его «кern» и мезонная «шуба» (В.С.Барашенков, 1988). Отметим, что указанные опыты по рассеянию электронов на нуклонах Р.Фейнман объяснил тем, что нуклоны состоят из более мелких частиц – партонов, которым другой физик М.Гелл-Манн дал название «кварки». Это были эксперименты, поставленные на Стенфордском электронном ускорителе в 1969 году.

**474) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман (1969) предложил математическое описание поведения статистического ансамбля взаимодействующих частиц высоких энергий, то есть предложил решение проблемы множественного рождения элементарных частиц при столкновениях, по аналогии с математическим описанием обычной жидкости. И.М.Дремин и А.В.Леонидов в статье «Теоретические поиски коллективных эффектов в множественном рождении частиц» (журнал «Успехи физических наук», 1995, том 165, № 7) повествуют: «Каждое индивидуальное событие взаимодействия частиц высоких энергий можно полностью охарактеризовать, задав трехмерные импульсы вторичных частиц (помимо их масс и квантовых чисел). Концы этих векторов определяют набор точек, расположенных, в основном, в упомянутом выше цилиндрическом фазовом объеме. Корреляции в положении этих точек определяются лагранжианом взаимодействия и законами сохранения. Достаточно представительный набор таких событий можно рассматривать как статистический ансамбль. В частности, Фейнман предложил аналогию этого ансамбля с обычной жидкостью [25], предположив наличие в нем короткодействующих корреляций. Эту точку зрения развил Вильсон [26], после чего ансамбль стали называть фейнман-вильсоновской жидкостью» (Дремин, Леонидов, 1995, с.763).

**475) Аналогия Ричарда Фейнмана.** Р.Фейнман (1979) высказал идею о фрактальной природе струй, образующихся при столкновениях частиц высоких энергий, когда обратил внимание на аналогию между этими струями и фрактальными деревьями. Б.Мандельброт в книге «Фрактальная геометрия природы» (2002) указывает: «Фейнман пишет, что благодаря фрактальным деревьям он смог представить себе и смоделировать «струи», образующиеся при столкновениях частиц очень высоких энергий. Эту идею исследовал Дж.Венециано, о чем он сообщает в отчетах CERN» (Мандельброт, 2002, с.221). Об этой же аналогии Фейнмана пишут В.А.Окороков, А.К.Поносов и Ф.М.Сергеев в статье «Фрактальные размерности струй вторичных пионов в пион-протонных взаимодействиях при промежуточных энергиях» (Интернет). Говоря о статье Фейнмана [1], в которой обсуждается сходство струй элементарных частиц и фрактальных деревьев и которая была опубликована в 1979 году во Флоренции, указанные авторы отмечают: «Идея самоподобных струй при высоких энергиях появилась уже давно [1, 2]. Согласно работе [1], «результатирующая картина струи формально подобна неким математическим объектам, известным под названием фракталов, которые выглядят все более и более нерегулярными и сложными, по мере того как мы изучаем их все с лучшим и лучшим разрешением». Исследование геометрических характеристик струй вторичных частиц при промежуточных энергиях представляет собой актуальную задачу с точки зрения построения завершенной теории сильных взаимодействий и самосогласованного описания взаимодействий адронов и ядер» (В.А.Окороков, А.К.Поносов и Ф.М.Сергеев, Интернет).

**476) Аналогия Л.Ф.Эббота и М.Б.Уайза.** Л.Ф.Эббот и М.Б.Уайз (1981) выдвинули гипотезу о том, что наблюдаемая траектория частицы в квантовой механике представляет собой фрактальную кривую, исходя из аналогии между случайным блужданием молекул в броуновском движении и траекторией элементарных частиц в квантовомеханическом движении. Зная, что движение броуновских частиц описывается фрактальными кривыми, Эббот и Уайз решили, что и элементарные частицы двигаются по фрактальным траекториям. Б.Мандельброт в книге «Фрактальная геометрия природы» (2002) констатирует: «Фейнман и

Хиббс [150] отмечают, что типичная траектория квантовомеханической частицы непрерывна и недифференцируема; кроме того, многие авторы усматривают явное сходство между броуновским и квантовомеханическим движениями (см., например, статью [441] и список литературы к ней). Вдохновившись этими параллелями и моими первыми эссе, Эббот и Уайз [2] показали, что наблюдаемая траектория частицы в квантовой механике представляет собой фрактальную кривую с размерностью  $D=2$ . Интересная аналогия – по крайней мере, в педагогическом смысле» (Мандельброт, 2002, с.336).

**477) Аналогия Субрахманьяна Чандрасекара.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1983 год С.Чандрасекар (1951) использовал понятие корреляции между скоростями частиц жидкости, находящихся на некотором расстоянии, в магнитно-гидродинамической турбулентности по аналогии с использованием данного понятия Ван-Карманом и Говардом в обычной немагнитной турбулентности. В.М.Эльзассер в статье «Магнитная гидродинамика» (УФН, 1958, март) пишет: «Кинематические свойства поля турбулентности могут быть выражены при помощи понятия корреляции между скоростями частиц жидкости, находящихся на некотором расстоянии. Этот метод был развит в обычной немагнитной турбулентности, в основном, Ван-Карманом и Говардом и был обобщен на случай магнитно-гидродинамической турбулентности Чандрасекаром» (В.М.Эльзассер, УФН, 1958).

**478) Аналогия Субрахманьяна Чандрасекара.** С.Чандрасекар применил математические методы теории возмущений при описании явлений магнитной гидродинамики по аналогии с тем, как Джон Рэлей использовал те же методы теории возмущений при описании хорошо известных процессов тепловой конвекции, а именно конвективных ячеек Бенара в вязкой жидкости. В.М.Эльзассер в статье «Магнитная гидродинамика» (УФН, 1958, март) указывает: «Для периодически затухающего вязкого течения Рэлей развил метод возмущений, позволяющий вычислить возникновение хорошо известных конвективных ячеек Бенара в вязкой жидкости при наличии градиента температуры. Чандрасекар в ряде замечательных работ обобщил эти методы на случай магнитной гидродинамики. Эти работы посвящены вопросам устойчивости проводящей жидкости при наличии магнитных полей и кориолисовых сил» (В.М.Эльзассер, УФН, 1958).

**479) Аналогия Субрахманьяна Чандрасекара.** С.Чандрасекар (1950-е годы) пришел к идее о необходимости использования методов линейной теории устойчивости в динамике галактик, по аналогии с применением данных методов в других областях (в частности, при решении проблемы устойчивости звезд). И.И.Паша в статье «Волновые теории спиральной структуры галактик в 1960-е годы» (сборник «Историко-астрономические исследования», выпуск 27, 2002) пишет: «На динамическом крыле исследований к концу 50-х гг. засветили настоящие путеводные маяки. Один из них был зажжен проникшими, наконец, в динамику галактик методами линейной теории устойчивости систем, от которых так долго, во многом по инерции, открешивались. В общем контексте проблему сформулировал Чандрасекар. «Если нам известно, что объект пребывает в почти неизменном состоянии длительное время, то мы обычно заключаем о его устойчивости, подразумевая под этим, что в его конструкции есть нечто, позволяющее ему противостоять малым возмущениям, каковым в природе подвержена любая система... Таким образом, когда мы встречаем объект нового типа – а в астрономии таких большинство, - изучение его устойчивости может дать основу для первичного понимания» (И.И.Паша, 2002). Отметим, что основы общей теории устойчивости заложили А.Пуанкаре и А.М.Ляпунов.

**480) Аналогия Рудольфа Мессбауэра.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1961 год Р.Мессбауэр (1958) объяснил резонансное поглощение гамма-квантов атомными ядрами, то есть поглощение гамма-квантов без отдачи, по аналогии с тем, как Уиллис Лэмб объяснил резонансное поглощение медленных нейтронов в кристаллах. Р.Мессбауэр в статье

«Резонансное ядерное поглощение гамма-квантов в твердых телах без отдачи» (УФН, 1960, декабрь) указывает: «В 1958 г. в Гейдельберге мы впервые доказали существование процессов испускания и поглощения без отдачи на примере перехода с энергией 129 кэВ в ядре иридия. Далее мы показали, что теория резонансного захвата медленных нейтронов в кристаллах, развитая Лэмбом, может быть применена к рассматриваемому здесь случаю резонансного поглощения гамма-лучей. Согласно теории, как в спектре испускания, так и в спектре поглощения в положении, соответствующем энергии перехода  $E_{\gamma}$ , появляется линия с естественной шириной, отвечающая процессам испускания и поглощения без отдачи. Появление линии без отдачи с естественной шириной мы непосредственно показали в следующем эксперименте. На рис.2 показана схема опыта. Измерялось поглощение в иридиевом поглотителе  $P$  гамма-излучения иридия с энергией 129 кэВ, испускаемого источником  $S$ , при различных относительных скоростях источника и поглотителя» (Р.Мессбауэр, УФН, 1960). Об этой же аналогии Р.Мессбауэра пишет В.И.Гольданский в статье «Исследования в области гамма-резонансной (мессбауэровской) спектроскопии» (УФН, 1966, июль). Он говорит о том, как Р.Мессбауэр объяснил наблюдавшуюся спектральную линию резонансного поглощения гамма-квантов: «Интересно, что при объяснении результатов своих опытов Мессбауэр опирался на теорию возникновения аналогичной линии в экспериментах по рассеянию нейтронов, данную Лэмбом еще за 20 лет до открытия ядерного гамма-резонанса без отдачи. В течение двадцати лет эффект Мессбауэра не был открыт из-за того, что экспериментаторы, работавшие с гамма-квантами, не задумывались над теорией, применявшейся буквально по соседству, а ученые, занимавшиеся взаимодействием нейтронов с твердым телом, не помышляли о родственных проблемах для гамма-квантов. Вот наглядный пример вреда, приносимого чрезмерной специализацией» (Гольданский, УФН, 1966, с.336).

**481) Аналогия Шу-Янь Чу.** Ученый из Калифорнийского университета Шу-Янь Чу (1993) разработал квантовую модель гравитации по аналогии с концепцией Уилера-Фейнмана, описывающей опережающие электромагнитные взаимодействия. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) пишут: «Чисто теоретически несложно представить некоторого рода «объяснение» принципа Маха на основе опережающих и запаздывающих гравитационных взаимодействий, пересекающих Вселенную точно так же, как электромагнитные взаимодействия движутся вперед и назад во времени в теории излучения Уилера-Фейнмана. Однако только в 1993 году под такой подход была подведена прочная основа; сделал это Шу-Янь Чу из Калифорнийского университета. Чу разработал модель того, как следует рассматривать квантовую механику в присутствии гравитации, причем эта модель объясняет некоторые новейшие идеи физики частиц (включая суперструны) с временно-симметричным описанием гравитации и инерции Уилера-Фейнмана» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.258). «Следуя примеру Фейнмана, - поясняют указанные авторы, - Чу избавляется от концепции «поля» и работает исключительно с частицами (фотонами, гравитонами и т.п.), которыми временно-симметричным образом обмениваются другие частицы. Он предполагает, что в минимальном масштабе эта непрерывная обратная связь создает то, что мы считаем непрерывными полями (например, гравитационное поле), как среднее всех взаимодействий, в которые вступают маленькие кусочки материи. Усреднение происходит в масштабе, который огромен по сравнению с размером струны, но это по-прежнему означает, что данный масштаб гораздо меньше размера протона...» (там же, с.259). «И усреднение, - продолжают биографы Фейнмана, - которое нам приходится сделать, чтобы получить знакомую картину, - это как раз то усреднение, которое присутствует в фейнмановском подходе к квантовой физике, связанном с интегрированием по путям. Этот подход объясняет происхождение инерции и принцип Маха в контексте теории суперструн, используя тот же самый математический формализм, который присутствовал в электродинамике Уилера-Фейнмана» (там же, с.259).

**482) Аналогия Ч.Янга, Р.Миллса, Т.Ли, Д.Сакураи.** Ч.Янг, Р.Миллс, Т.Ли и Дж.Сакураи (1960) построили квантовую хромодинамику (КХД), то есть теорию сильных взаимодействий для высоких энергий, по аналогии с квантовой электродинамикой, разработанной Р.Фейнманом. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) отмечают: «Но, несмотря на все несовершенства, КХД – достаточно хорошая теория; просто она не так хороша, как КЭД. А успешное объяснение КХД поведения мира на уровне кварков и глюонов прямо и явно зависит от применения шаблона КЭД к этому более глубокому уровню строения материи, причем это должна быть не просто КЭД, а именно фейнмановская формулировка КЭД и использование фейнмановских диаграмм. Инструменты, придуманные Фейнманом полвека назад, физики-теоретики используют по сей день для самых современных исследований» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.136). Как ни странно, еще в 1937 году Николас Кеммер предлагал использовать в теории слабых взаимодействий принцип калибровочной инвариантности для того, чтобы впоследствии по образцу с такой теорией строить теорию сильных взаимодействий. А.Салам в своей Нобелевской лекции «Калибровочное объединение фундаментальных сил» (УФН, 1980, октябрь) пишет: «Когда я размышляю о прошлых временах, меня больше всего приводит в изумление, насколько мы были не информированы вначале не только о работах друг друга, но и о ранее сделанных работах. Так, например, только в 1972 г. я узнал о работе Кеммера, написанной им в Империял-колледже в 1937 г. Кеммеровские аргументы, по существу, состояли в том, что теория слабых взаимодействий Ферми не была глобально SU(2)-инвариантна, но должна была быть таковой, - не сама по себе, а как прототип теории сильных взаимодействий» (Салам, УФН, 1980, с.238).

**483) Аналогия Р.Утиямы и Т.Киббла.** Р.Утияма и Т.Киббл (1961) построили теорию гравитационного взаимодействия по аналогии с той же квантовой электродинамикой. Ключевая идея, позволившая построить теорию гравитационного взаимодействия, а именно принцип локальной калибровочной инвариантности, была продуктивно заимствована из полевой теории электромагнитных взаимодействий. В указанной теории принцип калибровочной инвариантности появился благодаря Г.Вейлю (1918), В.А.Фоку (1929), Д.Д.Иваненко (1929). Как замечает физик Б.Грин, «успех квантовой электродинамики побудил других физиков в 1960-х и 1970-х гг. попытаться использовать аналогичный подход для квантово-механического описания слабого, сильного и гравитационного взаимодействий. Для слабого и сильного взаимодействий этот подход оказался чрезвычайно плодотворным. Физики сумели по аналогии с квантовой электродинамикой, разработать квантово-полевые теории сильного и слабого взаимодействий, получившие название квантовой хромодинамики и квантовой теории электрослабых взаимодействий» (Б.Грин, «Элегантная Вселенная», 2004). Т.Киббл в статье «Квантовая теория гравитации» (журнал «Успехи физических наук», ноябрь 1968 г.) сам признается в использовании этой аналогии: «Теперь мы обладаем теоретическим каркасом, в котором можно описывать явления гравитации, но остается проблема использования этого формализма для фактических расчетов. По аналогии с квантовой электродинамикой естественно попытаться в гравитационном случае раскладывать по степеням гравитационной постоянной  $K$ . Этот подход рассматривал Гупта. Формально можно действовать точно по аналогии с электродинамикой» (Киббл, УФН, 1968, с.515). Об аналогии Р.Утиямы пишет также М.В.Садовский в книге «Лекции по квантовой теории поля» (2002): «Аналогия теории калибровочных полей с теорией гравитации может быть изображена следующей таблицей:

Таблица II. Аналогия теории калибровочных полей и теории гравитации.

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Калибровочные теории                  | Общая теория относительности             |
| Калибровочные преобразования          | Преобразования координат                 |
| Калибровочная группа                  | Группа всех преобразований координат     |
| Потенциал калибровочного поля $A_\mu$ | Коэффициенты связности $\Gamma_{\mu\nu}$ |

Эта аналогия имеет даже более глубокий смысл. Еще на раннем этапе развития теории калибровочных полей Утияма показал (см. перевод этой интересной работы в сб. [28]), что уравнения общей теории относительности Эйнштейна могут быть получены по рецепту теории калибровочных полей Янга-Миллса, если в качестве калибровочной группы взять группу Лоренца (преобразований координат в специальной теории относительности) и потребовать инвариантности теории относительно соответствующих локальных преобразований (когда параметры группы Лоренца считаются произвольными функциями точки в пространстве-времени Минковского)» (Садовский, 2002, с.43).

**484) Аналогия Юджина Вигнера.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1963 год Юджин Вигнер получил ряд важных результатов в квантовой механике, когда по аналогии перенес в нее результаты математической теории групп. Примечательно, что к этому переносу Ю.Вигнера подтолкнул Джон фон Нейман, который хорошо разбирался в теории групп и подсказал молодому ученому, какую литературу нужно прочитать по данной тематике. Следует заметить, что фон Нейман сам когда-то по аналогии перенес в квантовую механику математическую теорию операторов. А.Пайс в книге «Гении науки» (2002) пишет: «Вигнер рассказывал, что когда он задал свой вопрос фон Нейману, Джон прошелся до угла комнаты, встал лицом к стене и стал что-то бормотать себе под нос. Через несколько минут он повернулся и сказал: «Тебе нужна теория характеров групп». В тот момент Юджин не имел ни малейшего представления, о чем была эта теория. Тем временем фон Нейман отправился к Исайе Шуру, получил репринты двух его статей и отдал их Вигнеру. Эти статьи были легкими для чтения и, конечно, было ясно, что именно в них находится решение. В течение нескольких недель он закончил вторую статью о решении общей задачи с  $n$ -частицами» (Пайс, 2002, с.421). «Несколькими годами позже, - пишет А.Пайс о Вигнере, - он применил теорию групп к колебаниям молекул и к квантовой физике кристаллов. Вот так теория групп вошла в квантовую механику» (там же, с.421). Об этой же аналогии Вигнера, стимулированной подсказкой фон Неймана, говорит М.И.Монастырский в статье «Джон фон Нейман» (журнал «Успехи физических наук», декабрь 2004 г.). В частности, имея в виду цикл работ Вигнера, выполненных совместно с Нейманом в 1927-1928 годах, М.И.Монастырский указывает: «В этих работах были впервые применены методы теории представлений групп (симметрической и ортогональной) для классификации спектров многоуровневых атомов. Как вспоминал позднее Вигнер, эти статьи писал непосредственно он, но фон Нейман оказал ему неоценимую помощь, указав на работы Г.Фробениуса и И.Шура, которые содержат необходимый математический аппарат. Ценность такого рода советов в подобных общих задачах специалист, безусловно, оценит» (Монастырский, 2004, с.1376).

**485) Аналогия Юджина (Евгения) Вигнера.** Юджин Вигнер (1949) пришел к идее о сохранении барионного заряда, соответствующего ядерному взаимодействию, по аналогии с идеей о сохранении электрического заряда, соответствующего электромагнитному взаимодействию. Первоначально Вигнер называл барионный заряд нуклонным, но впоследствии физики слово «нуклонный» заменили словом «барионный». Э.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) отмечает: «В 1949 году американский физик и математик Ю.Вигнер впервые поставил вопрос: если электромагнитному взаимодействию заряженных частиц соответствует закон сохранения электрического заряда, то нет ли аналогичного закона сохранения для ядерного взаимодействия нейтронов и протонов – тяжелых частиц? В физике элементарных частиц существуют все виды превращений, кроме запрещенных законами сохранения» (Дубовой, 1985, с.31). Затем Вигнер (1952) предположил, что каждая барионная частица должна иметь заряд, кратный заряду какой-то одной барионной частицы, по аналогии с тем, что каждая электрoзаряженная частица характеризуется зарядом, кратным заряду электрона. «Вигнер, - поясняет Э.Дубовой, - развил дальше аналогию между электрическим и

барионным зарядом. Известно, что электромагнитное взаимодействие универсально, оно для каждой заряженной частицы характеризуется электрическим зарядом, всегда кратным заряду электрона, то есть, по существу, зависит от одной постоянной – электрического заряда электрона. (...) В 1952 году Вигнер предположил, что и закон сохранения барионного заряда есть следствие существования единой постоянной, определяющей ядерное взаимодействие тяжелых частиц между собой и величину вероятности реакций между этими частицами. Это предположение действительно подтвердилось в последующих экспериментах на ускорителях...» (там же, с.32). Кроме Ю.Вигнера закон сохранения барионного заряда (барионного числа) формулировал Э.Штюкельберг. В.Г.Маханьков, Ю.П.Рыбаков и В.И.Санюк в статье «Модель Скирма и сильные взаимодействия» (журнал «Успехи физических наук», 1992, том 162, № 2) пишут: «Закон сохранения барионного числа, эмпирически введенного Е.Вигнером и Э.Штюкельбергом по аналогии с законом сохранения электрического заряда, обычно связывают с симметрией лагранжиана относительно  $U(1)$  - преобразований» (Маханьков, Рыбаков, Санюк, 1992, с.10).

**486) Аналогия Г.Маркса.** Г.Маркс высказал предположение о том, что слабому взаимодействию соответствует новый вид заряда – лептонный заряд, по аналогии с рассуждениями Ю.Вигнера о том, что ядерному взаимодействию соответствует барионный заряд. Э.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) отмечает: «В 1952 году Г.Маркс из Института физики при университете имени Роланда Этвеша в Будапеште обратил внимание на то, что постоянная слабого взаимодействия одна и та же для процессов распада трех частиц – нейтрона, пиона и мю-мезона, идущих с образованием нейтрино, и для реакции захвата мюона ядром с превращением нейтрона в протон (или наоборот) также с образованием нейтрино. Это могло свидетельствовать только о том, что управляющее распадами слабое взаимодействие универсально. Как раньше Вигнер, исходя из универсальности ядерного взаимодействия, предположил, что у тяжелых частиц есть свой вид заряда – барионный, так и теперь Маркс высказал мысль, что универсальность слабого взаимодействия требует (или, наоборот, является следствием) существования у слабовзаимодействующих частиц нового типа квантового числа – лептонного заряда» (Дубовой, 1985, с.37).

**487) Аналогия Д.Швингера и С.Томонаги.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1965 год Джулиус Швингер и Синьитиро Томонага разработали многовременный формализм, где каждой точке пространства приписывается свое время, по аналогии с многовременным формализмом Дирака-Фока-Подольского, в котором свое время приписывается каждой элементарной частице, участвующей в электромагнитном взаимодействии. А.А.Богуш в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) указывает: «Необходимо отметить цикл работ В.А.Фока, который включает в себя три статьи, опубликованные в 1932 г. при участии Б.Подольского и П.Дирака, и посвящен созданию многовременного формализма Дирака-Фока-Подольского – релятивистски ковариантной формулировки квантовой электродинамики. Каждой частице и электромагнитному полю в каждой точке ставится здесь в соответствие свое время. Такой подход в дальнейшем был развит в многовременном формализме Томонага-Швингера (1946-1948 гг.), где квантовая электродинамика рассматривается как теория взаимодействия квантованных полей не только электромагнитного, но и поля заряженных частиц – электронно-позитивного... При этом свое время приписывается уже каждой точке пространства. Как известно, именно на этой основе Томонага и Швингер осуществили процедуру регуляризации (устранения бесконечностей) и развили ковариантную формулировку теории возмущений в квантовой электродинамике, за что и были удостоены Нобелевской премии 1965 г. (совместно с Р.Фейнманом)» (Богуш, 1990, с.186-187). С.Томонага в своей Нобелевской лекции «Развитие квантовой электродинамики» (УФН, 1967, январь) указывает: «Другими словами, должна была бы, как я думал, существовать возможность так определить явно релятивистски ковариантную

амплитуду вероятности, чтобы не быть вынужденным отказываться от каузального способа мышления. Надеюсь на это, я вспомнил о многовременной теории Дирака, которая очаровала меня десятью годами раньше. При рассмотрении системы  $N$  частиц в многовременной теории Дирака мы приписываем время  $t_1$  первой частице,  $t_2$  – второй и так далее. При этом мы вводим  $N$  различных времен  $t_1, t_2, \dots, t_N$  вместо одного времени  $t$ . Подобным же образом я пытался выяснить, можно ли в квантовой теории поля вместо одного общего времени приписать разные времена различным точкам пространства. И действительно, мне удалось показать, что такая процедура возможна» (Томонага, УФН, 1967, с.63).

**488) Аналогия Джулиуса Швингера.** Д.Швингер (1947) разработал метод устранения бесконечных величин в квантовой электродинамике (метод перенормировки) путем искусственного отбрасывания, игнорирования бесконечных значений энергии электрона, руководствуясь аналогией. В частности, Д.Швингер действовал по аналогии с методом отбрасывания (игнорирования) ненужных величин при математическом описании микроволновых сетей (сетей, состоящих из радиоволн определенной частоты). Такой метод исследования микроволн (радиоволноводов) Д.Швингер и многие другие инженеры использовали во время Второй мировой войны при расчетах различных характеристик радаров. Выдающийся физик считал, что если можно отвлекаться от некоторых ненужных аспектов при математическом описании волноводов, возникающих при работе радаров, то по аналогии можно игнорировать бесконечные величины, возникающие в квантовой электродинамике, то есть можно искусственно вычитать одни бесконечности из других. В конечном счете, можно просто отождествлять теоретически вычисляемые величины заряда и массы электрона с наблюдаемыми их значениями. О том, что метод перенормировки по аналогии опирался на способ расчета волноводов во время войны, пишет П.Галисон в статье «Зона обмена: координация убеждений и действий» (журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 2004, № 1). «Швингер сам, - отмечает он, - намекнул на связь между такими, казалось бы, независимыми областями, как волноводы и перенормировка. Годы, «потерянные» во время войны, как оказалось, кое-что внесли: «исследования волноводов показали полезность такой организации теории, которая позволяет отвлечься от определенных внутренних структурных аспектов, не подвергающихся непосредственному исследованию в данных экспериментальных условиях... Именно этот подход привел меня к идее самосогласованного вычитания или перенормировки в квантовой электродинамике» [25]. Рассмотрение работы Швингера над физикой волноводов помогает раскрыть связь между расчетами для радара и перенормировкой. В случае микроволн невозможно полностью рассчитать поле и токи в области разрыва; в случае квантовой электродинамики безнадежно пытаться учесть все детали процессов высоких энергий. Решая проблему микроволн, Швингер (в качестве инженера) выделил те аспекты физики области разрыва, что были важны «в данных экспериментальных условиях», например, напряжения и токи, возникающие вдали от области разрыва. Для того, чтобы вычленил эти интересные свойства, он записал все ненужные детали электродинамики области разрыва в параметры эквивалентной цепи. В 1947 г., столкнувшись с фундаментальной проблемой квантовой электродинамики, Швингер решил, что поступит аналогичным образом: нужно выделить те аспекты квантовой электродинамики, что важны в данных экспериментальных условиях, например, магнитные моменты или амплитуды рассеяния. Чтобы отделить эти величины от всякого хлама, он записал все ненужные детали взаимодействий высоких энергий в параметры перенормировки. Таким образом, урок, извлеченный физиками-теоретиками из работы с их коллегами-инженерами во время войны оказался прост: фокусируй внимание на том, что измеряется, и строй свою теорию так, чтобы она не утверждала больше, чем необходимо для объяснения этих наблюдаемых величин. Такой позитивистский подход к теоретизированию шел настолько вразрез с прежними традициями, что некоторые из современников Швингера так никогда и не приняли его. Даже Дирак, один из величайших теоретиков XX в., сопротивлялся идее перенормировки вплоть до своей смерти в 1980-е гг.» (П.Галисон, 2004).

**489) Аналогия Джулиуса Швингера.** Джулиус Швингер (1957) предсказал существование дубль-в-бозонов ( $W$ -бозонов) – гипотетических квантов, являющихся переносчиками слабого взаимодействия, по аналогии с существованием фотонов – переносчиков электромагнитного взаимодействия. Гипотетические кванты Швингера были экспериментально открыты физиками в 1983 году. Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) пишет о том, как Швингер объяснил универсальность электромагнитного и слабого взаимодействий: «В 1957 году Швингер объяснил это свойство универсальности обоих взаимодействий. Он предположил, что по аналогии с электромагнитным взаимодействием слабое взаимодействие также определяется обменом квантами некоего поля со спином (напомним, что у фотона спин равен единице). Новые гипотетические кванты назвали дубль-в-бозонами (бозонами называют частицы с целым спином)» (Дубовой, 1985, с.91). Независимо от Швингера предположение о существовании промежуточных векторных бозонов – переносчиков слабого взаимодействия – выдвигал Х.Юкава (1935). Д.Клайн, К.Руббиа и С.Ван дер Меер в статье «Поиски промежуточных векторных бозонов» (УФН, 1983, январь) констатируют: «Соответствующий переносчик сил в слабых взаимодействиях – это промежуточный векторный бозон (он называется промежуточным просто потому, что играет роль посредника между частицами). Существование такого рода частиц впервые предположил в 1935 г. японский физик Хидеки Юкава, который в то время искал единое объяснение для двух обнаруженных ядерных сил: сильных и слабых. Юкава заметил, что радиус действия силы должен быть обратно пропорционален массе частицы, переносящей эту силу» (Д.Клайн, К.Руббиа и С.Ван дер Меер, УФН, 1983, с.136). Об этом же пишут Я.Б.Зельдович и М.Ю.Хлопов в книге «Драма идей в познании природы» (1988): «Здесь надо заметить, что о возможном существовании  $W$ -кванта физики говорили еще задолго до появления теории Глешоу-Вайнберга-Салама. Говорили, исходя просто из аналогии с фотоном. Есть фотон – частица поля электромагнитного взаимодействия. Почему бы не быть и  $W$ -бозону – частице поля слабого взаимодействия» (Зельдович, Хлопов, 1988, с.133). Реконструкция Я.Б.Зельдовича и М.Ю.Хлопова подтверждается рассуждениями Ю.С.Владимирова, который в книге «Метафизика» (2002) отмечает: «Взаимодействие частиц через токи навело на мысль об аналогии с электромагнитным взаимодействием, где между токами имеется поле – векторный переносчик взаимодействия. В повестку дня был поставлен вопрос о поиске специальных векторных полей, переносящих слабое взаимодействие между токами. Вскоре эти поля – нейтральные  $Z$ -бозоны и заряженные  $W$ -бозоны – были найдены. Аналогия с электромагнитным взаимодействием заставила вспомнить опыт построения 5-мерной геометрической теории Калуцы, где новая размерность позволяла ввести в теорию дополнительное векторное поле» (Ю.С.Владимиров, 2002).

**490) Аналогия Синьитиро Томонаги.** С.Томонага (1942, 1946) разработал процедуру устранения бесконечных значений энергии электрона из квантовой теории поля (КЭД) по аналогии с методом Данкова для устранения тех же бесконечностей. Отличие заключалось лишь в некоторой модификации (упрощении) метода Данкова. С.Томонага в своей Нобелевской лекции «Развитие квантовой электродинамики» (УФН, 1967, январь) пишет: «Наш новый метод расчета вообще не отличался по содержанию от метода теории возмущений, использованного Данковым, но при этом вычисления становились более ясными. Действительно, то, на что тратилось несколько месяцев при расчетах типа проведенных Данковым, могло теперь быть проделано за несколько месяцев» (Томонага, УФН, 1967, с.66). Как подчеркивает С.Томонага, «пример вычисления того, как реакция поля влияет на процесс рассеяния, был уже приведен Данковым. Единственное, что надо было сделать, это – заменить в вычислениях Данкова электромагнитное поле на поле связующей силы. Я мобилизовал работавших со мной молодых сотрудников, и мы вместе проделали эти вычисления» (там же, с.66).



«В науке зародилось новое направление: «физика элементарных частиц». В лабораториях, занимавшихся их изучением, шло накопление фактов. Нужен был гениальный мыслитель, который упорядочил бы факты. Ожидаемым гением стал Гелл-Манн».

А.Волков о Мари Гелл-Манне

**491) Аналогия Мари Гелл-Манна и Кацухико Нишиджимы.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1969 год М.Гелл-Манн сформулировал предположение о зарядовой независимости (изотопической инвариантности) таких элементарных частиц, как гипероны и К-мезоны, по аналогии с идеей Брейта и Финберга (1936) о зарядовой независимости нуклонов (протонов и нейтронов) и гипотезой Э.Ферми о зарядовой независимости пи-мезонов. Другими словами, М.Гелл-Манн и К.Нишиджима по аналогии распространили на К-мезоны и гипероны, называемые странными частицами, понятие изотопической инвариантности (изотопического спина), которое ранее применялось по отношению к другим элементарным частицам. Э.О.Оконов в статье «Распадные свойства тяжелых мезонов и гиперонов» (УФН, 1959, февраль) говорит о странных частицах К-мезонах и гиперонах: «Хорошо известно, что попытка распространить понятие зарядовой инвариантности на эти частицы привела к так называемой «теории смещенных изотопических мультиплетов», сформулированной Гелл-Манном и Нисидзимой [1-4], которая сыграла (и продолжает играть) огромную эвристическую роль» (Оконов, 1959, с.245). Об этой же аналогии Гелл-Манна, о том, что он распространил на странные частицы понятие изотопического спина, пишут Д.Иваненко и А.Старцев в статье «Классификация элементарных частиц» (УФН, 1960, декабрь): «Для преодоления трудностей, возникающих при изучении процессов рождения и распада странных частиц (гиперонов и К-мезонов), Гелл-Манн [5] и Нишиджима [6] предложили классификацию частиц по зарядовым мультиплетам. Она основана на распространении понятия изотопического спина (изоспина) на странные частицы и на введении феноменологическим путем нового квантового числа  $S$  – странности, физический смысл которого – смещение центра заряда мультиплета» (Иваненко, Старцев, 1960, с.766-767). В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» отмечает: «Математическим выражением факта зарядовой независимости ядерных взаимодействий является сохранение полного изотопического спина, или «изотопическая инвариантность» (Готт, 1988, с.211). «Распространение концепции изотопической инвариантности, - добавляет В.С.Готт, - на гипероны и К-мезоны (Гелл-Манн, Нишиджима и др.) привело к первой удачной попытке классификации элементарных частиц» (там же, с.212). Аналогичную трактовку дает Абдус Салам в статье «Элементарные частицы» (УФН, 1961, май). Он пишет о восьми странных частицах, свойства которых нужно было объяснить: «Эти восемь частиц обнаруживали совершенно неожиданные свойства и в течение ряда лет носили название «странных» частиц. То, что они не появлялись поодиночке, ясно указывало на то, что их взаимодействия в нашем техническом понимании очень велики. Мы уже видели, что для сильного взаимодействия характерной чертой служит возможность введения изотопического спина. Представлялось весьма подходящим приписать и этим частицам определенные значения изотопического спина и потребовать, чтобы во всех взаимодействиях этих частиц соблюдался закон сохранения изотопического спина. Такая процедура была проделана в 1953 г., частично из теоретических и частично из феноменологических соображений, Гелл-Манном и Нишиджимой. Их результаты оказались поистине удивительными» (А.Салам, УФН, 1961).

**492) Аналогия Мари (Мюррея) Гелл-Манна.** М.Гелл-Манн (1953) разработал классификацию элементарных частиц, которые он расположил в порядке возрастания их масс, по аналогии с периодической таблицей химических элементов Д.И.Менделеева (1869),

где эти элементы также располагаются в порядке возрастания атомных весов. Другой исходной посылкой была аналогия с математической теорией групп (теорией групп преобразований). Он по аналогии перенес в теорию элементарных частиц идеи теории групп преобразований многомерного пространства. А.А.Богущ в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) говорит о классификации элементарных частиц Гелл-Манна: «Значение этой классификации приравнивается к значению периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева. В обоих случаях используется расположение классифицируемых объектов в порядке возрастания их масс и разбиение по семействам, объединяющим микрочастицы со сходными свойствами» (Богущ, 1990, с.24). Историк науки Д.К.Самин в книге «100 великих научных открытий» (2006) пишет: «Восьмеричный путь американского ученого часто сравнивают с периодической системой химических элементов Менделеева, в которой химические элементы с аналогичными свойствами сгруппированы в семейства. Как и Менделеев, который оставил в периодической таблице некоторые пустые клетки, предсказав свойства неизвестных еще элементов, Гелл-Манн оставил вакантные места в некоторых семействах частиц, предположив, какие частицы с правильным набором свойств должны заполнить «пустоты» (Самин, 2006, с.194). Об аналогии между классификацией частиц Гелл-Манна и периодической системой Менделеева говорят многие историки и биографы. Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) подчеркивает: «Наибольших успехов достиг здесь к началу 60-х годов М.Гелл-Манн. Его классификация играет ту же роль, что и таблица Менделеева для химических элементов. Гелл-Манн и независимо от него японский физик К.Нишиджима разбили все множество сильновзаимодействующих частиц (адронов) на семейства, называемые зарядовыми мультиплетами» (Дубовой, 1985, с.105).

**493) Аналогия Мари (Мюррея) Гелл-Манна.** Первоначально Гелл-Манн пришел к выводу о существовании семейства из восьми элементарных частиц по аналогии с существованием восьмимерного пространства, в котором может действовать группа  $SU_3$  из теории групп и симметрий. Однако когда ученые открыли еще одну частицу со свойствами, похожими на свойства восьми уже известных частиц, Гелл-Манн предсказал существование десятой элементарной частицы, опираясь на аналогию с тем, что группа  $SU_3$  может также действовать в десятимерном пространстве. В предисловии к книге Г.Вейля «Симметрия» (2007) И.М.Яглом указывает: «В 1961 г. М.Гелл-Манн присутствовал на конференции по физике элементарных частиц, на которой было объявлено об открытии еще одной частицы со свойствами, близкими к свойствам восьми уже известных частиц, не укладывающихся в схему «восьмеричного пути». Гелл-Манн сразу же заметил, что теперь частиц уже стало девять и что если добавить к ним еще одну, то получится семейство из десяти частиц, полностью соответствующее десятимерному пространству, в котором также может действовать группа  $SU_3$ . Тут же он объявил, что должна существовать эта «десятая» частица – «омега-минус-барион», обладающая строго определенными свойствами. И в действительности в феврале 1964 г. американские экспериментаторы У.Фаулер и Н.Сеймиос, исходившие из предсказаний М.Гелл-Манна, открыли элементарную частицу, свойства которой в точности совпали с описанными Гелл-Манном свойствами «омега-минус-бариона» (Г.Вейль, 2007, с.24). Удачная классификация адронов, предложенная Гелл-Манном, являлась результатом традиционного переноса в физику элементарных частиц методов математической теории групп. Б.Г.Конопельченко и Ю.Б.Румер в статье «Атомы и адроны (проблемы классификации)», представленной в журнале «Успехи физических наук» (1979, октябрь), пишут: «Гелл-Манн и Неэман подошли к проблеме классификации адронов совсем с другой стороны, используя методы теории групп. Эти методы, показавшие свою эффективность еще в кристаллографии (Е.С.Федоров), стали интенсивно внедряться в физику с появлением квантовой механики. На первых порах роль теории групп в квантовой механике была лишь подсобной и состояла, по существу, в исследовании свойств симметрии уравнения Шредингера. Однако затем методы теории групп стали самостоятельным разделом современной теоретической физики. Эти методы позволяют, не решая дифференциальные

уравнения математической физики, получать информацию об описываемых ими системах» (Б.Г.Конопельченко и Ю.Б.Румер, УФН, 1979, с.339).

**494) Аналогия Мари (Мюррея) Гелл-Манна.** М.Гелл-Манн пришел к выводу о том, что элементарные частицы, входящие в состав одного и того же мультиплета (семейства) и имеющие разную массу покоя, являются различными возбужденными состояниями одной и той же системы, исходя из следующей аналогии. Основываясь на том, что в его классификации спектр масс частиц имеет близкую аналогию со спектром энергетических состояний атома, он и высказал мысль, что частицы одного и того же мультиплета являются различными возбужденными состояниями одной частицы. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988), говоря о создателях классификации частиц М.Гелл-Манне и И.Неемане, отмечает: «Эти авторы предложили рассматривать частицы объединенными в группы (супермультиплеты) так, что частицы с разной массой покоя в каждой группе могут рассматриваться как различные возбужденные состояния одной и той же системы. Спектр масс частиц в этой схеме имеет близкую аналогию со спектром энергетических состояний атома» (Готт, 1988, с.154). Об этой же аналогии Гелл-Манна пишет лауреат Нобелевской премии по физике за 1972 год Леон Купер во 2-ом томе книги «Физика для всех» (1974): «Аналогия между различными состояниями частиц и их распадами и атомными состояниями не осталась незамеченной. Было выдвинуто предположение, что различные «частицы» - это состояния какой-то фундаментальной системы, которая допускает переход из одного состояния в другое, подобно тому как различные уровни водородного атома представляют собой возбужденные состояния электрон-протонной системы, в которой переходы с одного уровня на другой происходят с излучением фотонов» (Купер, 1974, с.347).

**495) Аналогия Мари (Мюррея) Гелл-Манна.** М.Гелл-Манн (1954) вывел первые дисперсионные соотношения для пион-нуклонного рассеяния (для рассеяния элементарных частиц пионов на протонах и нейтронах) по аналогии с дисперсионными соотношениями из области оптики. А.А.Богуш в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) упоминает об этой аналогии в связи с обсуждением исследований Н.Н.Боголюбова: «Дополнив и уточнив систему исходных аксиом, Н.Н.Боголюбов в 1956 г. дал строгое доказательство первых дисперсионных соотношений (для пион-нуклонного рассеяния), введенных первоначально на основе аналогии с физической оптикой в 1954 г. (М.Гелл-Манн, М.Гольдбергер, В.Тирринг). С этого времени метод дисперсионных соотношений получил всеобщее признание...» (Богуш, 1990, с.73). В общем случае можно сказать, что многие дисперсионные соотношения в теории элементарных частиц были получены по аналогии с дисперсионным соотношением Крамерса (1927) для диэлектрической проницаемости. В.Я.Френкель в книге «Яков Ильич Френкель» (1966) говорит о докладе, с которым Крамерс выступил в 1927 году: «В докладе голландского физика Крамерса было выведено дисперсионное соотношение для диэлектрической проницаемости (соотношение этого типа недавно вновь появилось на физической арене: формула Крамерса послужила прообразом тех дисперсионных соотношений, которые взяла на вооружение современная теория элементарных частиц)» (В.Я.Френкель, 1966, с.196). Кроме А.А.Богуша, об аналогии между дисперсионными соотношениями Гелл-Манна и формулой дисперсией Крамерса говорит и Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985): «В физике элементарных частиц дисперсия проявляется в зависимости вероятности рассеяния волн-частиц от энергии-частоты (напомним, что согласно квантовой механике частицы – это волны, а их энергии – это частоты), роль показателя преломления играет вероятность рассеяния как функция энергии. Действительно, частицы-волны рассеиваются на ядрах мишени и летят в разные стороны в зависимости от начальной энергии и вероятности рассеяния. Исходя из принципа причинности для вероятностей также выводятся формулы, связывающие вместе вероятности рассеяния при разных энергиях частиц по аналогии с формулой Крамерса-Кронига для показателя преломления» (Дубовой, 1985, с.с.125). «В физике элементарных частиц, -

добавляет Э.И.Дубовой, - дисперсионные соотношения впервые были предложены в 1954 году теоретиками В.Тиррингом, М.Гелл-Манном и М.Гольдбергером. Они записали дисперсионное соотношение для рассеяния фотонов и частиц с нулевым спином на нуклонах» (там же, с.126).

**496) Аналогия Юваля Неемана.** Выдающийся израильский ученый Юваль Нееман (1953) независимо от М.Гелл-Манна разработал классификацию элементарных частиц, руководствуясь той же аналогией с классификацией химических элементов Д.И.Менделеева, на которую опирался М.Гелл-Манн. Другим источником его открытия послужил основанный на аналогии перенос идей математической теории групп в физику элементарных частиц. Мирон Амусья в статье «Об одной не присужденной Нобелевской премии. Крупнейшее открытие аспиранта Ю.Неемана», опубликованной в журнале «Заметки по еврейской истории» (2007 г., № 12) пишет об исследованиях и поисках Ю.Неемана: «Идеальной была бы ситуация, при которой просто обнаружилось бы, что все наблюдаемые частицы состоят из простейших, истинно элементарных объектов. Такие объекты стали бы своего рода элитой или «аристократией» в мире элементарных частиц. Но прежде, чем такие частицы обнаружались бы, стоило попытаться систематизировать и классифицировать имеющиеся, подобно тому, как периодическая система элементов Менделеева навела порядок в мире химических элементов, создав основу для последующего понимания их структуры. Именно этой задачей в применении к физике частиц и занялся Нееман. В таком подходе можно было надеяться и на предсказание новых частиц, подобно тому, как это удалось Менделееву, предсказавшему свойства трех, не открытых до создания его Таблицы, химических элементов. По счастью, Нееман не послушал доброго совета Салама (Абдуса Салама – Н.Н.Б.) – «не увлекайтесь сомнительными предприятиями, поскольку через год вам нечего будет представить!» Он увлекся «сомнительным предприятием», и за пять месяцев схема классификации была разработана. Оказалось, что частицы образуют группы в восемь, десять или 27 частиц с подобными свойствами внутри каждой группы. Вся схема классификации получила название «восьмеричного пути» (М.Амусья, 2007). Ю.Нееман заслуживал Нобелевской премии, но не получил ее. Д.Гриббин и М.Гриббин в книге «Ричард Фейнман: жизнь в науке» (2002) говорят о Гелл-Манне и Неемане: «За эту и еще одну работу по классификации элементарных частиц в 1969 году Гелл-Манн получил Нобелевскую премию по физике; как ни удивительно, но Нобелевский комитет почему-то никак не отметил Неемана» (Д.Гриббин, М.Гриббин, 2002, с.185). В той же статье М.Амусья предлагает ответ на вопрос о неприсуждении указанной премии израильскому физика: «Что стало причиной, приведшей к потере Нееманом своей премии? Сам он отмечал негативную роль члена Нобелевского комитета Валлера. «Его совершенно не интересовало, чем я занимался. Он даже не спросил меня, что я сделал и когда я сделал. Единственное, что он хотел узнать – принимал ли Салам в этом участие или нет», - вспоминал беседу с Валлером Нееман. Беседа эта была на одной из научных конференций перед окончательным обсуждением Нобелевским комитетом списка кандидатов и представляет обычный элемент подготовки к этой процедуре» (М.Амусья, 2007).

**497) Аналогия Еитиро Намбу.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2008 год Е.Намбу (1961) ввел в теорию элементарных частиц понятие спонтанного нарушения симметрии и вывел в данной теории ряд важных математических уравнений по аналогии с понятиями и уравнениями теории сверхпроводимости Бардина, Купера и Шриффера. Намбу также руководствовался аналогией с феноменологической теорией сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Помимо Намбу данную аналогию проводили и такие ученые, как А.Ларкин, В.Вакс и Д.Иона-Лазинио. Д.А.Киржниц в статье «Сверхпроводимость и элементарные частицы» (УФН, 1978, май) пишет: «Один из наиболее важных механизмов спонтанного нарушения симметрии в рамках программы Гейзенберга был предложен в начале 60-х годов Намбу и Иона-Лазинио и Ваксом и Ларкиным. Он был заимствован из созданной незадолго до этого

микроскопической теории сверхпроводимости Бардина, Купера и Шриффера (сокращенно БКШ). Уравнение Гейзенберга (2) и уравнение (9), на котором основана теория сверхпроводимости, обнаруживают очень близкое сходство. Соответственно, и в теории Гейзенберга, в случае притяжения между первичными частицами, происходит спонтанное нарушение симметрии в результате образования куперовских пар первичных частиц и их бозе-конденсации с появлением параметра порядка, подобного (8). К этому выводу ведет применение к уравнению (2) стандартного аппарата теории сверхпроводимости, которое дает соотношения, представляющие собой релятивистское обобщение обычных «сверхпроводящих» формул. Необходимо только провести «обрезание» расходящихся интегралов на некоторой предельной энергии. Любопытно отметить, что аналогичное «обрезание» имеется и в обычной теории сверхпроводимости...» (Киржниц, УФН, 1978, с.181). Дмитрий Дьяконов в статье «Смешивание кварков и загадочная масса протонов» (газета «Полит Ру», 3 декабря 2008 года) весьма детально описывает аналогию Намбу. Говоря о том, как Намбу и Йона-Ласинио объяснили массу протона, Д.Дьяконов отмечает: «Окончательного, общепризнанного ответа на этот вопрос нет и сейчас, поскольку он связан с другим вопросом, на который тоже пока нет четкого ответа, - из-за чего происходит конфайнмент кварков, почему они никогда не вылетают из протонов. Однако 47 лет назад, в 1961 г., Намбу вместе с итальянским физиком Джованни Йона-Ласинио попытались на него ответить с помощью имеющихся тогда подручных средств. Главным подручным средством оказалась аналогия с созданной незадолго до этого теорией сверхпроводимости. Пользуясь аналогией со сверхпроводимостью, Намбу и Йона-Ласинио предположили, что в мире элементарных частиц происходит нечто похожее, а именно спонтанная конденсация протон-антипротонных, а также нейтрон-антинейтронных пар, в результате чего обе частицы приобретают большую массу! (В сверхпроводниках происходит спонтанная конденсация так называемых куперовских пар электронов – в этом аналогия). Идея была в то время неожиданной, вполне революционной» (Д.Дьяконов, 2008). Л.Каховский в статье «Нарушенные симметрии» (журнал «Химия и жизнь», 2008, № 12) пишет о том, как Е.Намбу провел аналогию между теорией сверхпроводимости и физикой элементарных частиц: «Он предположил, что физический вакуум – сложная среда, в которой идут различные виртуальные процессы, - похож на сверхпроводник. В вакууме пары, состоящие из безмассовых частиц и их античастиц, служат аналогом куперовских пар; мы же наблюдаем возбужденное состояние вакуума, из-за чего все частицы становятся массивными. Свой подход Намбу изложил в статье, опубликованной в 1961 году (совместно с итальянским коллегой Джованни Йона-Лазинио). В ней он перенес понятие спонтанного нарушения симметрии в совершенно другую область – физику элементарных частиц. Поистине, науку движут нетривиальные аналогии!» (Каховский, 2008, с.14).

**498) Аналогия Еитиро Намбу.** Е.Намбу (1969) и независимо от него Т.Гото (1971) выдвинули гипотезу о том, что действием свободной бозонной струны является площадь поверхности, заматаемой струной при ее движении, руководствуясь аналогией. В частности, они действовали по аналогии с тем, что в релятивистской механике точечной частицы лагранжианом этой частицы является элемент длины ее траектории, то есть действие частицы пропорционально длине траектории. Ю.Н.Кафиев в книге «Аномалии и теория струн» (1991) аргументирует: «Попытаемся действовать по аналогии с релятивистской механикой точечной частицы [24]. Как известно, в качестве лагранжиана точечной частицы выбирают элемент длиннее траектории, т.е. действие частицы пропорционально длине траектории. Это действие привлекательно тем, что оно инвариантно относительно репараметризаций собственного времени – переменной интегрирования в действии. Намбу [56] и Гото [79], исходя из этой аналогии, предложили в качестве действия свободной бозонной струны выбрать площадь поверхности, заматаемой струной при ее движении. Подобно длине траектории, эта величина имеет прозрачное геометрическое происхождение и явно инвариантна относительно

репараметризаций – в данном случае относительно замены координат мировой поверхности...» (Кафиев, 1991, с.51).

**499) Аналогия Э.Нельсона, Д.Паризи и И.Ву.** Эдвард Нельсон (1966), Джорджио Паризи и его коллега И.Ву (1981) разработали метод стохастического квантования в результате того, что по аналогии перенесли в квантовую теорию поля знаменитое уравнение Ланжевена (1908), описывающее флуктуации движения молекул. Мы уже говорили, что Ланжевен получил данное уравнение по аналогии с математическим уравнением Эйнштейна, описывающим броуновское движение. Впоследствии Л.Д.Ландау перенесет это уравнение в теорию кинетики плазмы, а индийский ученый С.Чандрасекар – в астрофизику. Теперь необходимо отметить факт переноса уравнения Ланжевена усилиями Нельсона, Паризи и Ву в квантовую теорию поля. А.А.Мигдал в статье «Стохастическое квантование теории поля» (журнал «Успехи физических наук», 1986, том 149, выпуск 1) отмечает: «Инициаторами применения уравнения Ланжевена в квантовой теории поля были Нельсон, Паризи и Ву [1]. В частности, в работе Паризи и Ву было осознано, что так можно обойти проблему фиксации калибровки в калибровочных теориях. С тех пор появилось много работ, использующих и развивающих схему стохастического квантования» (Мигдал, 1986, с.5). «Идея стохастического квантования, - подчеркивает А.А.Мигдал, - основана на аналогии между квантовой теорией и статистической механикой» (там же, с.5).

**500) Аналогия К.Симанзика, Д.Петрины и В.Скрипника.** К.Симанзик (1966), Д.Петрина и В.Скрипник (1971) пришли к выводу о возможности переноса результатов статистической физики в квантовую теорию поля и обратно, когда обнаружили аналогию между двумя этими областями. Д.Петрина и В.Скрипник в статье «Уравнения Кирквуда-Зальцбурга для коэффициентных функций матрицы рассеяния» (журнал «Теоретическая и математическая физика», 1971, том 8, № 3) пишут: «В последнее время обнаружены глубокие аналогии между квантовой теорией поля и статистической физикой. Так, Симанзик [1] установил, что уравнения для винеровских функционалов евклидовых функций Грина модели комплексного скалярного поля с лагранжианом взаимодействия  $L(x) = g [\phi(x) \phi(x)]^2$  могут быть приведены к уравнениям типа Кирквуда-Зальцбурга или Майера-Монтроля квантовой статистики, исследованных Женибром [2]. Известно, что уравнения Швингера [3] для функций Грина в квантовой теории поля имеют такую же математическую структуру, как и уравнения для функций Грина в квантовой статистике [4]» (Петрина, Скрипник, 1971, с.369). «Обнаруженные аналогии между статистической физикой и квантовой теорией поля, - поясняют Д.Петрина и В.Скрипник, - наводят на мысль, что математические методы, развитые для обоснования предельного перехода при стремлении объема к бесконечности в статистической физике, после существенного обобщения могут быть применены к подобным задачам квантовой теории поля; кроме того, можно надеяться по-новому осмыслить с точки зрения статистической физики саму квантовую теорию поля» (там же, с.369). «Оказывается, что евклидову квантовую теорию поля, - подчеркивают указанные авторы, - можно рассматривать как систему статистической механики, в которой частицы имеют с некоторой вероятностью определенную температуру, взаимодействуют посредством парного потенциала – евклидовой причинной функции - и имеют определенную плотность. Коэффициентные функции в евклидовой области являются как бы функциями распределения виртуальных частиц» (там же, с.370).

**501) Аналогия Александра Полякова.** Выдающийся российский физик, награжденный в 1986 году медалью Дирака, А.М.Поляков (1981) ввел в струнную теорию метод квантования бозонной струны, состоящий в интегрировании с помощью функционального интеграла по всем возможным двумерным поверхностям, характерным для данного типа струны, базируясь на аналогии. А.М.Поляков действовал по аналогии с исследованиями Р.Фейнмана, который при квантовании классической механики частицы ввел функциональный интеграл по путям, с

помощью которого осуществляется интегрирование по всем возможным путям. Ю.Н.Кафиев в книге «Аномалии и теория струн» (1991) указывает: «Напомним, что при своем движении классическая струна замечает некоторую двумерную поверхность, подобно тому как обычная частица чертит путь – мировую линию. При квантовании классической механики частицы мы вводим функциональный интеграл по путям, в котором интегрируем по всем возможным путям, ведущим из начальной точки в конечную [102]. Поляков предложил обобщить эту картину на случай струн и интегрировать в функциональном интеграле по всем возможным двумерным поверхностям, характерным для данного типа струны (открытой, замкнутой, ориентируемой, неориентируемой и т.п.)» (Кафиев, 1991, с.156).

**502) Аналогия А.М.Полякова, А.А.Белавина и А.Б.Замолотчикова.** А.М.Поляков, А.А.Белавин и А.Б.Замолотчиков (1984) разработали двумерную конформную теорию поля, то есть математическую теорию критических явлений, которую можно также считать вариантом теории струн, когда по аналогии перенесли в данную теорию результаты теории алгебр Вирасоро. Представления этих алгебр Вирасоро вычислили российские математики Б.Л.Фейгин и Д.Б.Фукс. Дмитрий Баюк в статье под интригующим названием «Здесь идеальное место – никаких перспектив!» (газета «Троицкий вариант», № 9 (28), 12 мая 2009 г.) цитирует лауреата премии Филдса М.Концевича: «Еще когда я был в Москве, в 1984-1985 гг., было совершено великое открытие. В теоретической физике была создана двухмерная конформная теория поля. Ее авторами были Белавин, Поляков и Замолотчиков, и создавалась она в тесном контакте с математиками. В отличие от обычной теории поля, для которой справедлив принцип относительности Эйнштейна, конформная должна «выдерживать» любые преобразования координат, лишь бы они не перемешивали прошлое и будущее. Идеи такой теории носились в физике уже лет 10-15, но никаких конкретных моделей не было. А тут вдруг Фейгин и Фукс посчитали (вычислили – Н.Н.Б.) представление алгебры Вирасоро – эта работа хоть и связана напрямую с конформной инвариантностью, но для физиков не предназначалась, и никакой физики за идеями авторов не стояло. Просто красивая математическая задача. Но физики сообразили, что решение Фейгина и Фукса имеет прямое отношение к критическим явлениям. Их догадка получила большое развитие, и именно из нее и возникла теория струн» (Концевич, 2009, с.11). И.Ю.Типунин в статье «Критические явления» («Альманах-2006», содержащий статьи грантополучателей фонда «Династия», 2006) поясняет: «За развитие методики вычисления критических индексов К.Вильсон был удостоен Нобелевской премии по физике в 1982 г. Следующим важным этапом в изучении критических явлений стала опубликованная в 1984 г. работа А.Белавина, А.Полякова и А.Замолотчикова, в которой авторы предложили математический метод для описания двумерных систем, находящихся в критическом состоянии. Он получил название конформной теории поля. Этот метод принципиально отличается от традиционных тем, что не устанавливает микроскопическое устройство системы, а анализирует алгебраические следствия сильной скоррелированности системы. Как ни удивительно, таким способом удается получить точное математическое описание систем, находящихся в критическом состоянии» (Типунин, 2006, с.101). Заметим, что алгебра Вирасоро – центральное расширение алгебры векторных полей на окружности (диффеоморфизмов окружности). Эта алгебра появляется в теории струн в двух главных ролях: алгебры генераторов конформной симметрии и алгебры наблюдаемых в ряде струнных моделей. Алгебра наблюдаемых в топологических и струнных моделях – аналог операторной алгебры в конформной теории.

**503) Аналогия Александра Полякова.** А.М.Поляков получил ряд новых результатов в теории струн, руководствуясь аналогией между квантовой механикой и классической статистической механикой. В книге «Калибровочные поля и струны» (1999) он пишет: «Очень важная аналогия, которой мы будем часто пользоваться, имеется между квантовой механикой D-мерных систем и классической статистической механикой в D+1 измерении» (Поляков, 1999, с.8). Не описывая математические формулы, то есть математические

выражения, о которых говорит А.М.Поляков, ввиду их сложности, приведем следующий пример аналогии, которую он заметил: «Сравнение выражений (1.11) и (1.9) приводит к первой аналогии – аналогии между классической статистикой и квантовой механикой: амплитуда перехода за время  $(-iT)$  для классической частицы совпадает с классической статистической суммой для струны длины  $T$ , вычисленной при  $\beta = 1/h$ . Вторая аналогия следует из того, что квантовая статистическая сумма частицы равна  $Z_{qu} = Tr e$  в степени  $(-\beta H)$  и, следовательно,  $Z_{qu} = \int dx F(x, x, -i\beta h)$ . Поэтому второе правило гласит, что в квантовом случае обратная температура играет роль мнимого времени. Наш вывод этих аналогий был чисто техническим. Я уверен, что для них имеются глубокие причины, связанные со свойствами пространства-времени» (Поляков, 1999, с.11).

**504) Аналогия Джеффри Голдстоуна.** Д.Голдстоун ввел в квантовую теорию поля механизм спонтанного нарушения симметрии по аналогии с использованием данного механизма в феноменологической теории сверхтекучести Ландау. Таким образом, если отправной точкой Е.Намбу и А.Ларкина была теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера (БКШ) и теория сверхпроводимости Ландау, то для Д.Голдстоуна такой отправной точкой была теория сверхтекучести Ландау. Д.А.Киржниц в статье «Сверхпроводимость и элементарные частицы» (УФН, 1978, май) пишет: «Голдстоуном же был введен в квантовую теорию поля новый механизм спонтанного нарушения симметрии, отличающийся от механизма БКШ тем, что происходит принудительная бозе-конденсация не пар Купера, а «готовых» бозе-частиц» (Киржниц, УФН, 1978, с.183). «...Мы видим, - замечает Д.А.Киржниц, - что модель Голдстоуна – это не что иное, как конкретная реализация феноменологической теории Ландау» (там же, с.183).

**505) Аналогия Питера Хиггса.** Питер Хиггс (1964) пришел к выводу, что механизмом генерации масс калибровочных бозонов является процедура спонтанного нарушения локальной симметрии исходного лагранжиана взаимодействия, руководствуясь аналогией. В частности, он основывался на аналогии с тем, что механизмом возникновения сверхпроводимости металлов и сверхтекучести гелия при охлаждении, когда отдельные атомы и субатомные частицы превращаются в конденсат, является спонтанное нарушение симметрии. Э.Б.Глинер в статье «Раздувающаяся Вселенная и вакуумоподобное состояние физической среды» (УФН, 2002, февраль), говоря о событиях, происходящих на этапах расширения и одновременного охлаждения Вселенной, пишет: «...Состояние высшей симметрии энергетически становится невыгодным, и в ряде спонтанных нарушений симметрии безмассовые поля приобретают массу, появляясь как «конденсат». (Этот процесс – схема Хиггса – обобщает теорию сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау, где с падением температуры проводника появляется конденсат спаренных электронов)» (Глинер, УФН, 2002, с.222-223). Об этой же аналогии Хиггса пишет Б.Э.Мейерович в статье «Гравитационные свойства космических струн» (УФН, 2001, октябрь): «Исторически первым примером калибровочной теории со спонтанным нарушением симметрии является феноменологическая теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Релятивистское обобщение этой теории применительно к анализу космических струн в современной литературе называют абелевой моделью Хиггса» (Мейерович, УФН, 2001, с.1034). Важной исходной посылкой была модель Намбу, в которой происхождение массы нуклона объяснялось с помощью понятия спонтанного нарушения симметрии. П.Хиггс перенес модель Намбу с нуклонов на калибровочные бозоны. В статье «Механизм Хиггса» (электронная энциклопедия «Википедия») описывается история формирования идеи Хиггса о механизме возникновения масс элементарных частиц: «Данный механизм был предложен в контексте модели спонтанного нарушения симметрии, созданной Еитиро Намбу и другими в попытке объяснить природу сильного взаимодействия. (Эти модели были вдохновлены работой Льва Ландау и Виталия Гинзбурга по теории конденсированных сред). Хиггс и другие исследователи разрабатывали этот механизм, прежде всего, для случая неабелевых групп симметрии»

(энциклопедия «Википедия»). Об аналогии между теорией Хиггса и теорией Намбу говорит Л.Каховский в статье «Нарушенные симметрии» (журнал «Химия и жизнь», 2008, № 12): «...Некоторые теоретики обратили взор на указанную Намбу аналогию, и в 1964 году Питер Хиггс из Эдинбургского университета сумел ее конкретизировать» (Каховский, 2008, с.15). Поскольку модель Намбу в существенных чертах эквивалентна модели Голдстоуна, утверждение Д.А.Киржница о том, что П.Хиггс строил свою теорию по аналогии с моделью Голдстоуна, вполне справедливо. Д.А.Киржниц в статье «Сверхпроводимость и элементарные частицы» (УФН, 1978, май) отмечает: «Обобщение модели Голдстоуна на случай взаимодействующих скалярного и векторного (электромагнитного) полей было рассмотрено Хиггсом» (Киржниц, УФН, 1978, с.184). «Переходя и здесь к статистическому пределу, - указывает Д.А.Киржниц, - легко видеть, что модель Хиггса полностью аналогична теории Гинзбурга-Ландау, представляя собой ее релятивистское обобщение. Как оказалось, этот вывод имеет немаловажную эвристическую ценность, позволяя устанавливать прямые аналогии между теорией сверхпроводимости и теориями элементарных частиц, включающими в себя модель Хиггса. С первым проявлением такого рода аналогий мы сталкиваемся в вопросе о массе векторного поля» (там же, с.184).

**506) Аналогия Виктора Веселаго.** Российский физик В.Г.Веселаго (1964) выдвинул гипотезу о существовании материалов, имеющих отрицательные значения и электрической, и магнитной проницаемости, по аналогии с существованием веществ, имеющих отрицательное значение только электрической проницаемости. Примером такого вещества является висмут, отрицательная диэлектрическая проницаемость которого исследовалась экспериментально. М.Компан в статье «Прорыв» (электронный журнал «ПЕРСТ», 2000, том 7, выпуск 11) цитирует В.Г.Веселаго: «Примерно в 1964 году я с группой своих сотрудников занимался проблемой возбуждения и распространения электромагнитных волн в металлах, точнее, в так называемой плазме твердого тела. Мы оказались первыми, кто наблюдал непосредственное прохождение электромагнитных волн сквозь массивные (толщиной порядка 1 см) образцы металла – это был висмут. Естественно, что изучались различные варианты эксперимента, и в частности, тот хорошо известный случай, когда эффективная диэлектрическая проницаемость плазмы твердого тела оказывалась меньше нуля и волна не могла распространяться, так как коэффициент преломления оказывался мнимым. И вот тогда я задал сам себе вопрос – а что будет, если среда, в которой распространяется волна, будет иметь одновременно отрицательные значения и электрической и магнитной проницаемости» (М.Компан, 2000). В 2000 году британец Джон Пендри и американец Дэвид Смит экспериментально доказали гипотезу В.Г.Веселаго. В настоящее время на базе этой гипотезы проводятся работы по созданию маскировочных материалов, делающих невидимыми любой скрытый физический объект.

**507) Аналогия Холгера Нильсена.** Х.Нильсен (1973) высказал предположение о существовании в теории элементарных частиц вихревых нитей, соответствующих струнам в теории сильного взаимодействия, по аналогии с существованием вихревых структур в сверхтекучем гелии и в сверхпроводящем металле. Д.А.Киржниц в статье «Сверхпроводимость и элементарные частицы» (УФН, 1978, май) указывает: «Аналогия единой теории частиц и теории сверхпроводимости находит себе в теории элементарных частиц и другие применения. Речь идет об уже неоднократно упоминавшихся выше вихревых нитях, которые, как показали Нильсен и Олесен, действительно возникают как классические решения уравнений модели Хиггса и более сложных моделей того же типа...» (Киржниц, УФН, 1978, с.191). «Упомянутые выше авторы, - поясняет Д.А.Киржниц, - связывали вихревые нити со «струнами» - релятивистскими линейными объектами, представление о которых возникло некоторое время назад в теории сильного взаимодействия» (там же, с.191). Об этом же говорит С.С.Рожков в статье «Топология, многообразия и гомотопия: основные понятия и приложения к моделям  $n$ -го поля» (УФН, 1986, том 149, выпуск 2): «Первыми

примерами топологических протяженных объектов являются кинки, солитоны и вихри, рассмотренные в 1973 г. Нильсеном и Олесеном в абелевой модели Хиггса по аналогии с вихрями в сверхпроводнике» (Рожков, УФН, 1986, с.259). Отметим, что Л.Ландау (1955) сформулировал предположение о существовании вихревых структур в жидком гелии, индуктивно исходя из опытов Э.Л.Андроникашвили, в которых вихревые структуры возникали во вращающемся стакане, содержащем гелий, охлажденный до окрестностей лямбда-точки, в которой гелий-1 переходит в гелий-2. Ландау не сразу поверил в результаты Андроникашвили, сначала он воспринимал их с достаточной степенью скепсиса и осторожностью. Лишь когда в Кембридже некий Осборн поставил аналогичный опыт с вращением, Ландау заключил, что вихри в жидком гелии вполне реальны. Воспоминания Андроникашвили о том, как он впервые показал вихревые структуры в жидком гелии Ландау, который первоначально не поверил своим глазам, описаны в книге Б.Горобец «Круг Ландау» (2006). Впоследствии лауреат Нобелевской премии по физике за 2003 год А.А.Абрикосов (1957) выдвинул предположение о существовании вихревых структур в сверхпроводниках 2 рода (в сверхпроводящих сплавах металлов) по аналогии с существованием вихревых структур в жидком гелии.

**508) Аналогия Холгера Нильсена.** Х.Нильсен (1970) сделал более понятными идеи струнной теории, когда обнаружил аналогию между некоторыми идеями теории струн и электростатикой. Ю.Н.Кафиев в книге «Аномалии и теория струн» (1991) пишет: «Напомним, что требование равенства нулю полного заряда двумерной системы имеет далеко идущие следствия, обеспечивая, например, удержание кварков [193]. Сама же амплитуда (5.6.8) может быть проинтерпретирована как статсумма соответствующей электростатической системы. Таким образом, возникает красивая аналогия между дуальными (струнными) амплитудами и электростатикой. Впервые она была подмечена Нильсеном [194] еще на заре развития дуальной теории и оказала большое влияние на ее развитие, когда выяснилось, что многие известные результаты из теории функций Грина на римановых поверхностях можно с успехом применять для изучения дуальных амплитуд» (Кафиев, 1991, с.166). Отметим, что статсумма – это статистическая сумма, важная величина в статистической физике, содержащая информацию о статистических свойствах системы в состоянии термодинамического равновесия. Она является функцией температуры и других параметров, таким как объем. В теории струн статсумма имеет немного другое значение.



«Попытка понять Вселенную – одна из вещей, которые чуть приподнимают человеческую жизнь над уровнем фарса и придают ей черты высокой трагедии».

Стивен Вайнберг

**509) Аналогия Стивена Вайнберга.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год Стивен Вайнберг (1967) построил теорию слабого взаимодействия, которое определяет превращение нейтронов в протоны и протонов в нейтроны, воспользовавшись аналогией с теорией квантовой электродинамики, которая объясняет взаимодействие элементарных частиц посредством обмена фотонами. Первоначально С.Вайнберг пытался построить теорию сильного ядерного взаимодействия при помощи аналогии с квантовой электродинамикой, но не достиг существенного успеха. Позже он осознал, что разработанный им математический аппарат можно положить в основу теории слабого ядерного взаимодействия. «...Внезапно до меня дошло, - вспоминает С.Вайнберг, - что идеи, оказавшиеся совершенно непригодными

для объяснения сильных взаимодействий, дают математическую основу теории слабой ядерной силы, содержащую все, что только можно пожелать. Я увидел возможность построения теории слабой силы, аналогичной квантовой электродинамике» (С.Вайнберг, «Мечты об окончательной теории», 2004). С.Вайнберг пришел к идее о том, слабое взаимодействие порождается обменом квантами слабых полей, по аналогии с тем, что электромагнитное взаимодействие также порождается обменом фотонами. С.Вайнберг ввел в свою теорию метод перенормировки, устраняющий бесконечные значения энергии частиц, участвующих в слабом взаимодействии, по аналогии с методом перенормировок Р.Фейнмана, упраздняющим бесконечные значения энергии электронов, участвующих в электромагнитном взаимодействии. Когда С.Вайнберг завершил формулировку теории слабой силы, он заметил, что она представляет собой не что иное, как теорию объединения слабого и электромагнитного взаимодействия. «...В процессе работы, - подчеркивает С.Вайнберг, - я обнаружил, что построенная мной теория оказалась не просто теорией слабой силы, развитой на базе аналогии с электромагнетизмом; эта теория оказалась единой теорией электромагнитных и слабых сил, которые, как выяснилось, суть две разные ипостаси одной и той же силы, которую сейчас принято называть электрослабой силой» (С.Вайнберг, «Мечты об окончательной теории», 2004). Независимо от С.Вайнберга такую же теорию в 1968 году построил пакистанский физик Абдус Салам.

**510) Аналогия Стивена Вайнберга.** С.Вайнберг (1961) использовал в физике элементарных частиц, а в дальнейшем и в теории слабого взаимодействия понятие спонтанного нарушения симметрии по аналогии с использованием другими учеными этого понятия в физике твердого тела. С.Вайнберг в своей Нобелевской лекции «Идейные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий» (УФН, 1980, октябрь) отмечает: «Как-то в 1960 г. или в начале 1961 г. я познакомился с идеей, которая вначале появилась в физике твердого тела, а затем была привнесена в физику частиц теми, кто подобно Гейзенбергу, Намбу и Голдстоуну работал в обеих областях физики. Это была идея о «нарушенной симметрии», заключавшаяся в том, что гамильтониан и коммутационные соотношения квантовой теории могут обладать точной симметрией и, тем не менее, физические состояния могут не отвечать представлениям этой симметрии. В частности, может оказаться, что симметрия гамильтониана не является симметрией вакуума. Как иногда случается с теоретиками, я «влюбился» в эту идею» (Вайнберг, УФН, 1980, с.202).

**511) Аналогия Стивена Вайнберга.** С.Вайнберг (1974) пришел к заключению о возможности возникновения доменных областей при фазовых переходах на ранних этапах развития Вселенной, когда она расширялась и одновременно охлаждалась, по аналогии с возникновением доменных областей в ферромагнетике при определенных условиях. Как известно, доменные ячейки в ферромагнетике были экспериментально обнаружены Френсисом Битером (1931). Б.Э.Мейерович в статье «Гравитационные свойства космических струн» (УФН, 2001, октябрь) отмечает: «В 1974 г. Вайнберг отметил возможность возникновения доменных стенок при фазовых переходах на ранней стадии эволюции Вселенной. Первый количественный анализ космологических следствий спонтанного нарушения симметрии принадлежит Зельдовичу, Кобзареву и Окуню» (Мейерович, УФН, 2001, с.1034). Другой посылкой заключения С.Вайнберга была аналогия с поведением воды при замерзании. В книге «Первые три минуты» (2000) С.Вайнберг пишет: «Как знает каждый, когда вода замерзает, она обычно образует не идеальный кристалл льда, а нечто значительно более сложное: огромную путаницу кристаллических областей, разделенных разными типами кристаллических нерегулярностей. Не образовались ли подобные области и при замерзании Вселенной? Живем ли мы в одной из таких областей, где симметрия между слабыми и электромагнитными взаимодействиями нарушилась определенным образом, и обнаружим ли мы когда-нибудь другие области?» (Вайнберг, 2000, с.142). Кроме С.Вайнберга, гипотезу о доменных областях в ранней Вселенной выдвигал Я.Б.Зельдович.



«...Профессор Абдус Салам родился в глухой пенджабской деревне колониальной Индии. В поисках знаний он приехал в город Лахор и с отличием окончил Пенджабский университет, что открыло ему возможность получения дальнейшего образования в Англии. В 25 лет в Кембриджском университете он защитил докторскую диссертацию по квантовой термодинамике и стремительно ворвался в когорту ведущих физиков мира».

Юлдуз Халиуллин

**512) Аналогия Абдуса Салама.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год А.Салам (1959) пришел к идее о необходимости создания теории, объединяющей слабые и электромагнитные взаимодействия, которая впоследствии получила название калибровочной теории электрослабых взаимодействий, когда обратил внимание на аналогию между слабым и электромагнитным взаимодействием. С.С.Герштейн в статье «Работы Я.Б.Зельдовича и современная физика частиц» (УФН, 2004, август) отмечает: «Открытие закона сохранения векторного тока (CVC) послужило указанием на то, что слабые взаимодействия должны описываться на основе калибровочной теории Янга-Миллса, а аналогия слабых и электромагнитных взаимодействий почти сразу же привела к идее объединения этих взаимодействий (А.Салам и Дж.Уорд). В результате этого подхода, в конечном счете, и была создана калибровочная теория электрослабых взаимодействий. В дальнейшем идея калибровочных полей была применена и к сильным взаимодействиям» (Герштейн, УФН, 2004, с.914). Я.Б.Зельдович и М.Ю.Хлопов в книге «Драма идей в познании природы» (1988) пишут: «Долгое время слабое взаимодействие рассматривалось как 4-фермионное и казалось совершенно не похожим на электромагнитное. Однако в 50-е годы были замечены черты аналогии: 4-фермионное взаимодействие есть прямое, не опосредованное полем взаимодействие двух слабых токов перехода» (Зельдович, Хлопов, 1988, с.131). «Теории сильного и слабого взаимодействия, построенные по аналогии с электродинамикой, - добавляют Я.Б.Зельдович и М.Ю.Хлопов, - составляют «жесткую сердцевину» наших современных знаний о микромире» (там же, с.133).

**513) Аналогия Абдуса Салама.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год А.Салам независимо от С.Вайнберга использовал понятие киральной симметрии (симметрии относительно определенных преобразований) для описания поведения электронов и мюонов по аналогии с применением понятия киральной симметрии в теории нейтрино. А.Салам в своей Нобелевской лекции «Калибровочное объединение фундаментальных сил» (УФН, 1980, октябрь) отмечает: «Я получил от Паули 24 января 1957 г. первое письмо, написанное в слегка извиняющемся тоне. Полагая, что сопротивление Паули уже сломлено, я послал ему две короткие заметки, которые я закончил к тому времени. Они содержали предложение распространить киральную симметрию на электроны и мюоны, считая, что их массы являются следствием того, что стало известным позже как динамическое спонтанное нарушение симметрии. Из-за существования киральной симметрии в случае электронов, мюонов и нейтрино, единственно возможными посредниками в процессе слабого распада мюонов могли быть мезоны со спином 1. Возражая, таким образом, понятие о заряженных промежуточных бозонах со спином 1, можно было бы постулировать для случая таких бозонов определенный тип калибровочной инвариантности, который я назвал «нейтринной калибровкой» (Салам, УФН, 1980, с.234). Отметим, что А.Салам включил в свою теорию электрослабых взаимодействий понятие спонтанного нарушения симметрии по аналогии с использованием данного понятия в теории Хиггса, объясняющей появление массы у бозонов. Л.Каховский в статье «Нарушенные симметрии» (журнал «Химия и жизнь», 2008, № 12)

пишет: «Абдус Салам и Стивен Вайнберг в своей теории, объединяющей электромагнитное и слабое взаимодействия, воспользовались сценарием Хиггса как палочкой-выручалочкой – ведь он позволял объяснить, почему переносчики электрослабых сил W- и Z-бозоны обладают большими массами» (Каховский, 2008, с.15).

**514) Аналогия Э.Сударшана, Р.Маршака, М.Гелл-Манна и Р.Фейнмана.** Э.Сударшан, Р.Маршак и другие физики постулировали киральную симметрию для элементарных частиц барионов и лептонов по аналогии с исследованиями А.Салама, который использовал понятие киральной симметрии для объяснения свойств нейтрино, электронов и мюонов. А.Салам в своей Нобелевской лекции «Калибровочное объединение фундаментальных сил» (УФН, 1980, октябрь) указывает: «Вначале мое робкое предположение о существовании киральной симметрии ограничивалось только случаями нейтрино, электронов и мюонов, тогда как вскоре, в том же году, Сударшан и Маршак, Гелл-Манн и Фейнман, а также Сакураи нашли мужество постулировать  $U_5$  – симметрию для случая как барионов, так и лептонов; таким образом, это положение было превращено в универсальный принцип физики» (Салам, УФН, 1980, с.235). Необходимо отметить, что мысль таких выдающихся ученых, как А.Салам, С.Вайнберг, Э.Сударшан, Р.Маршак, М.Гелл-Манн и Р.Фейнман, о возникновении масс элементарных частиц в результате спонтанного нарушения симметрии имела (в глобальном смысле) один и тот же источник. Этим источником была аналогия с теорией сверхпроводимости, где конденсат фермионов (частиц, подчиняющихся статистике Ферми-Дирака) возникает в силу спонтанного нарушения симметрии. Кто в теории сверхпроводимости открыл этот механизм нарушения симметрии? Это сделал Н.Н.Боголюбов. А.Н.Тавхелидзе в статье «Н.Н.Боголюбов (штрихи к портрету)», которая содержится в книге «Воспоминания об академике Н.Н.Боголюбове» (2009) указывает: «Явление спонтанного нарушения симметрии для квантовых систем, открытое Николаем Николаевичем при создании микроскопической теории сверхтекучести (1946) и сверхпроводимости (1958), в настоящее время составляет фундаментальный принцип стандартной модели электрослабых взаимодействий» (Тавхелидзе, 2009, с.136).



«Самое главное в той физике, которой занимаюсь я, - а это физика элементарных частиц, - то, что мы не знаем правил. Это состязание, игра. Это что-то вроде азартной игры, когда вы ставите свои деньги, согласно тому, как, по-вашему, работает Природа. Затем, если вам везет, то вы докажете свою правоту. Не существует чувства более сильного, чем то, которое испытываешь, выиграв это пари с Природой».

Шелдон Глэшоу о себе

**515) Аналогия Шелдона Глэшоу.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1979 год Шелдон Глэшоу (1958) независимо от С.Вайнберга и А.Салама построил теорию слабого взаимодействия, воспользовавшись той же аналогией с теорией электродинамики, которая помогла Вайнбергу и Саламу. При этом Глэшоу перенес в теорию слабого взаимодействия принцип локальной калибровочной инвариантности, играющий чрезвычайно большую роль в квантовой электродинамике. Этот принцип был введен в физику благодаря исследованиям Г.Вейля, (1918), В.А.Фока (1929), Д.Д.Иваненко (1929). Этот принцип обнаружил свою плодотворность не только в теории слабого взаимодействия, но и в теории гравитационного и сильного взаимодействия. А.А.Богущ в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) пишет: «Многие из тех идей, которые составляют сегодня основу новых представлений о микроструктуре материи, - отмечает А.А.Богущ, - зародились, как это было и ранее, на предшествующем этапе развития этого учения. В частности, та ключевая идея, которая впоследствии позволила найти пути выхода из затруднений в теории сильных и слабых

взаимодействий и известна теперь под названием локальной калибровочной инвариантности, возникла еще в начале нашего века (Г.Вейль, 1918, 1929 гг., В.А.Фок, 1929 г., В.А.Фок, Д.Д.Иваненко, 1929 г.) при построении полевой теории электромагнитных (а также гравитационных) взаимодействий» (Богущ, 1990, с.20). «На основе принципа локальной калибровочной инвариантности по аналогии с квантовой электродинамикой уже в рассматриваемый период третьего этапа в развитии учения о микроструктуре материи были предприняты настойчивые попытки построения удовлетворительной, т.е. отвечающей новым запросам эксперимента по физике высоких энергий, теории сильного (Я.Янг, Р.Миллс, 1954 г., Т.Ли, Я.Янг, 1956 г., Дж.Сакураи, 1960 г. и др.), слабого (Ю.Швингер, 1957 г., Ш.Глэшоу, А.Салам, Дж.Уорд, 1958 г., М.Гелл-Манн, Ю.Нееман, 1961 г. и др.), а также гравитационного (Р.Утияма, 1956 г., Т.Киббл, 1961 г. и др.) взаимодействий» (там же, с.23). Наконец, сам Ш.Глэшоу в своей Нобелевской лекции «На пути к объединенной теории – нити в гобелене» (УФН, 1980, октябрь) признается, что принцип калибровочной инвариантности был по аналогии перенесен из электродинамики в теорию слабых и других взаимодействий. В указанной лекции он говорит: «Электромагнетизм переносится фотонами и возникает из требования локальной калибровочной инвариантности. Эта концепция была обобщена в 1954 г. для применения к неабелевым группам локальной симметрии. Вскоре стало ясно, что между электромагнетизмом и другими взаимодействиями может существовать более далеко идущая аналогия. Эти взаимодействия тоже могут возникать из калибровочного принципа» (Глэшоу, УФН, 1980, с.220).

**516) Аналогия Шелдона Глэшоу.** Шелдон Глэшоу, а также Дж.Илиопулос и Л.Майани (1970) разработали теорию сильного взаимодействия по аналогии с теорией слабого взаимодействия. Они перенесли в свою теорию процедуру перенормировки Фейнмана-Томонага-Швингера, заимствованную из квантовой электродинамики (теории электромагнитного взаимодействия). А.А.Богущ в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990) указывает: «В 1970 г. Ш.Глэшоу, Дж.Илиопулос и Л.Майани распространяют теорию Вайнберга-Салама на адроны (кварки). Так была создана теория, известная как теория Вайнберга-Глэшоу-Салама. Установление в 1971 г. перенормируемости этой теории придает ей статус полноценной квантово-полевой теории, а последовавшие затем начиная с 1973 г. экспериментальные подтверждения предсказываемых теорией эффектов подняли ее на уровень стандартной теории...» (Богущ, 1990, с.37).

**517) Аналогия Шелдона Глэшоу.** Шелдон Глэшоу (1964) предсказал существование четвертого кварка – кварка очарования – по аналогии с наличием четырех лептонов – элементарных частиц, являющихся переносчиками слабого взаимодействия. Б.Паркер в книге «Мечта Эйнштейна» (1986) констатирует: «Хотя теория цветов позволила добиться значительных успехов, не все в ней нравилось Шелдону Глэшоу. В то время было известно четыре лептона, но лишь три кварка, и Глэшоу решил, что между двумя видами частиц должна существовать симметрия» (Паркер, 1986). Б.Паркер подчеркивает: «Глэшоу считал, что должен быть четвертый кварк со свойством, аналогичным странности. Он назвал новую характеристику очарованием, а соответствующий кварк очарованным» (Паркер, 1986). В Нобелевской лекции «На пути к объединенной теории – нити в гобелене» (УФН, 1980, октябрь) Ш.Глэшоу признает важную роль аналогии в формулировке гипотезы о существовании кварка очарования. «Весной 1964 г., - повествует Глэшоу, - я находился в короткой командировке в Копенгагене, где мы с Бьеркеном предложили дополнить систему трех кварков Гелл-Манна и Цвейга до четырех (у других исследователей в это же время появилась та же идея). Мы назвали четвертый кварк очарованным. Мотивация его введения базировалась отчасти на наших ошибочных представлениях об адронной спектроскопии. Но нам хотелось также усилить аналогию между слабыми лептонным и адронным токами. Мы полагали, что так как имелось два слабых дуплета лептонов, слабых кварковых дуплетов должно быть тоже два» (Глэшоу, УФН, 1980, с.224). Об этой же аналогии Ш.Глэшоу говорит

в книге «Очарование физики» (2002): «Эстетические соображения привели нас с доктором Дж.Д.Бьеркенем к предположению существования четвертого кварка более десяти лет назад. Поскольку лептоны и кварки являются наиболее элементарными, и поскольку существует четыре разновидности лептонов, не должны ли так же быть и четыре разновидности кварков? Свое создание мы назвали очарованным кварком, ибо мы были очарованы и довольны симметрией, которую он привносил в субатомный мир» (Глэшоу, 2002, с.159).

**518) Аналогия Шелдона Глэшоу.** Шелдон Глэшоу (1959) разработал предварительный вариант теории, объединяющей электромагнитное и слабое взаимодействия, основываясь на существовании глубокого сходства (анalogии) между двумя этими силами. Это сходство возрастает по мере увеличения температуры и энергии. Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) констатирует: «В 1959 году аналогю между электромагнитным и слабым взаимодействием развил Ш.Глэшоу (Институт ядерной физики в Копенгагене). Он выдвинул гипотезу о тождественности обоих взаимодействий при сверхвысоких энергиях – сотни гигаэлектронвольт» (Дубовой, 1985, с.92). «Из аналогии между электромагнитным и слабым взаимодействиями и объединением их при сверхвысоких энергиях следовало, - поясняет Э.И.Дубовой, - что W-бозон и гамма-квант – это разновидности одной частицы и что у фотона должен быть тяжелый нейтральный аналог – промежуточный, как его назвали, Z-бозон (Z-бозон)» (там же, с.92). Об этой же аналогии говорит С.Вайнберг. В статье «Единые теории взаимодействия элементарных частиц» (УФН, 1976, март) он указывает: «В течение многих лет делались предположения, что, возможно, существует глубокая связь между слабыми и электромагнитными взаимодействиями, а различие в их наблюдаемых напряженностях возникает просто за счет большой массы частицы, обмен которой создает слабые взаимодействия. Эта гипотеза поддерживается тем наблюдением, что угловой момент, который переносится в слабых процессах, подобных ядерному бета-распаду, имеет то же самое значение, что и угловой момент фотона...» (Вайнберг, УФН, 1976, с.508). В Нобелевской лекции «На пути к объединенной теории – нити в гобелене» (УФН, 1980, октябрь) Ш.Глэшоу вспоминает: «Было, в конце концов, обнаружено, что для описания электрослабых взаимодействий необходима более широкая, чем SU (2), калибровочная группа. Для Салама и Уорда мотивом была неотразимая красота калибровочной теории. Мне же казалось, что я вижу путь к созданию перенормируемой схемы. К группе SU(2)\*U1 я пришел по аналогии с приближенной изоспин-гиперзарядовой симметрией, характеризующей сильные взаимодействия» (Глэшоу, УФН, 1980, с.222).

**519) Аналогия Брайана Джозефсона.** Брайан Джозефсон (1962) пришел к идее туннелирования через контакт двух сверхпроводников связанных электронных пар, обуславливающих явление сверхпроводимости, по аналогии с туннелированием через контакт двух сверхпроводников отдельных, не связанных электронов. Основная идея Джозефсона была довольно проста, ее высказывали и раньше. Если отдельные электроны могут туннелировать через окисный барьер между двумя сверхпроводниками, то почему бы не туннелировать и электронным куперовским парам, ведь ток при сверхпроводимости – поток именно таких пар. Прохождение отдельных электронов через потенциальный барьер на границе сверхпроводника и нормального металла или двух сверхпроводников экспериментально наблюдал в 1960 г. Айвар Живер (Гиавер). Джозефсон традуктивно предположил, что возможно прохождение через узкий зазор между двумя сверхпроводниками не одиночных, а связанных куперовских пар электронов (В.И.Рыдник, «Электроны шагают в ногу», 1986). Эти пары называют куперовскими, поскольку известный физик, лауреат Нобелевской премии Леон Купер (1956) один из первых объяснил сверхпроводимость возникновением связанных электронных пар в металле. В 1973 году Б.Джозефсон и А.Живер (Гиавер) также были удостоены Нобелевской премии по физике.

**520) Аналогия Брайана Джозефсона.** Б.Джозефсон нашел способ правильного расчета эффекта туннелирования связанных электронов от сверхпроводника к сверхпроводнику по аналогии с расчетом Коэна, Фаликова и Филлипса, выполненным для описания туннелирования электронов от сверхпроводника к нормальному металлу. Б.Джозефсон в своей Нобелевской лекции «Открытие туннельных сверхпроводящих токов» (УФН, 1975, август) пишет: «Проблема вычисления тока через барьер была решена, когда однажды Андерсон показал мне препринт, который он только что получил из Чикаго. В этом препринте Клэн, Фаликов и Филлипс вычислили ток  $I$ , текущий через систему сверхпроводник-барьер-нормальный металл, и подтвердили формулу Гиавера. При этом использовался новый и очень простой способ вычисления тока через барьер, основанный на законе сохранения заряда. Согласно этому закону, ток через барьер просто равен производной по времени от величины заряда, находящегося по одну сторону от барьера. Производную по времени они вычисляли по теории возмущений, рассматривая туннелирование электронов через барьер как возмущение в системе, состоящей из двух изолированных подсистем, между которыми туннелирование не происходит. Я немедленно уселся за работу, с тем чтобы распространить это вычисление на случай, когда по обе стороны от барьера находятся сверхпроводники» (Джозефсон, УФН, 1975, с.599).



«Именно Понтекорво в 1946 г., когда были получены первые сведения о сравнительно большом времени жизни мюонов в веществе, предложил гипотезу об универсальном характере слабых взаимодействий – новой силы природы, единственным известным проявлением которой до этого был только радиоактивный бета-распад».

С.С.Герштейн о Бруно Понтекорво

**521) Аналогия Бруно Понтекорво.** Б.М.Понтекорво высказал идею о существовании нейтринных звезд, состоящих из нейтрино (элементарных частиц, теоретически предсказанных В.Паули в 30-х годах 20 века), по аналогии с идеей Р.Оппенгеймера, Бааде и Цвикки о существовании нейтронных звезд, состоящих из нейтронов (элементарных частиц, экспериментально обнаруженных Д.Чедвиком в 1932 году). Б.М.Понтекорво вообще много занимался физикой нейтрино и обратил внимание на аналогию электрона и мюона. Как пишет А.А.Богущ в книге «Очерки по истории физики микромира» (1990), «важное место в исследованиях советских физиков занимали и занимают проблемы слабого взаимодействия и физики нейтрино. Б.М.Понтекорво (Ленинская премия, 1963 г.) первый обратил внимание на глубокую аналогию электрона и мюона (e- $\mu$ -проблема); предложил схемы экспериментов, приведших к установлению отличия нейтрино от антинейтрино и обнаружению типов нейтрино – электронного и мюонного...» (Богущ, 1990, с.75).

**522) Аналогия Бруно Понтекорво.** Б.Понтекорво (1947) высказал предположение об универсальном характере слабого взаимодействия, о том, что в нем участвуют не только электроны, но и мюоны, руководствуясь аналогией свойств мюона и электрона. В частности, Б.Понтекорво обратил внимание на аналогию вероятности захвата ядром мюона и вероятности захвата ядром электрона (K-захвата). Б.Понтекорво высказал идею о том, ядро, поглощая мюон, должно испускать нейтринное излучение, по аналогии с тем, что ядро, поглощая электрон, испускает рентгеновское излучение. А.А.Логунов, А.П.Александров и другие в статье «Бруно Понтекорво» (УФН, 1973, сентябрь) пишут: «В 1947 г. было найдено, что вероятность захвата мюонов ядрами много меньше, чем это следовало из теории Юкавы. Обсуждая этот факт, Б.Понтекорво отмечает, что вероятность захвата отрицательного мюона имеет такой же порядок величины, что и вероятность K-захвата, если учесть разницу объемов

K-оболочки и мезонной орбиты. Он указывает на фундаментальную аналогию между бета-процессами и процессом поглощения мюонов, т.е. на глубокую аналогию свойств мюона и электрона. Фактически это было впервые высказанное предположение об универсальном характере слабых взаимодействий. Исходя из этой концепции, Б.Понтекорво делает вывод о том, что в процессе захвата мюона ядром появляется нейтрино» (Логунов, Александров и др., УФН, 1973, с.192). Сам Б.Понтекорво в статье «Автобиографические заметки» (мемориальный электронный сайт Бруно Понтекорво) рассказывает: «Как только я узнал о классическом эксперименте М.Конверси, Е.Панчини и О.Пиччиони (1947 г.), из которого следовало, что взаимодействие мюона и протона не является сильным, я интуитивно почувствовал глубокую аналогию между мюоном и электроном, на что меня натолкнуло мое наблюдение, что процессы захвата этих частиц ядром имеют сравнимые вероятности (если принять во внимание разницу между объемами, которые занимают мюонные и электронные орбиты). Так, я тогда предсказал, что в процессе захвата мюона должно принимать участие нейтрино... Идея глубокой аналогии между различными процессами привела к понятию «слабого взаимодействия», и была выражена мной (1947 г.) и впоследствии О.Клейном и Г.Пуппи (1948 г.). Эта аналогия служит отправной точкой для универсальной теории слабых взаимодействий Ферми. Ведомый этой аналогией, я предложил и выполнил несколько экспериментов, в которых были установлены различные фундаментальные свойства мюона...» (Б.Понтекорво, Интернет).

**523) Аналогия Бруно Понтекорво.** Б.Понтекорво (1957) выдвинул гипотезу о существовании нейтринных осцилляций, согласно которой возможны быстрые превращения одного типа нейтрино в другой, по аналогии с осцилляциями нейтральных каонов, при которых  $K$ -мезоны могут превращаться друг в друга посредством слабого взаимодействия. В.П.Джелепов в статье «Гений Бруно Понтекорво» (мемориальный электронный сайт Бруно Понтекорво) отмечает: «В 1957 г. Бруно Понтекорво выступил на семинаре с коротким докладом, в котором рассказал о возникшей у него идее о возможности превращения одного типа нейтрино в другой по аналогии с осцилляциями нейтральных каонов. Это явление может осуществляться только в случае, если нейтрино обладают отличными от нуля малыми массами. В то время идея осцилляций нейтрино была исключительно смелой и воспринималась многими как полет фантазии выдающегося физика. В настоящее время в десятках лабораторий занимаются поисками этого явления, рассматривая его как эффект, лежащий за рамками стандартной теории. Не исключено, что именно этим явлением объясняется наблюдаемый недостаток в потоке нейтрино от Солнца по сравнению с ожидаемым потоком, рассчитанным на основе стандартной модели Солнца» (В.П.Джелепов, Интернет). Об этой же аналогии Понтекорво пишет С.М.Биленький в статье «Смешивание и осцилляции нейтрино» (журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра», 1987, том 18, выпуск 3): «Б.М.Понтекорво предположил, что имеет место аналогия между лептонным зарядом и странностью и что слабое взаимодействие не сохраняет не только странность, но и лептонный заряд. В соответствии с этой гипотезой естественно было предположить (по аналогии с системой  $K^0 - \bar{K}^0$ ), что вектор состояния нейтрино представляет собой суперпозицию векторов состояния майорановских нейтрино (аналогичных  $K_1$  и  $K_2$ ) с малыми, но различными массами. В пучке нейтрино должны иметь место в этом случае осцилляции...» (С.М.Биленький, 1987). Наконец, С.М.Биленький и Б.М.Понтекорво в совместной статье «Смешивание лептонов и осцилляции нейтрино» (журнал «Успехи физических наук», 1977, том 123, выпуск 2) подчеркивают: «Качественно осцилляции нейтрино были рассмотрены по аналогии с хорошо известными осцилляциями нейтральных каонов» (Биленький, Понтекорво, 1977, с.181). В 2001 году ученые Нейтринной обсерватории Садбери экспериментально обнаружили осцилляции нейтрино, испускаемых Солнцем.

**524) Аналогия Бруно Понтекорво.** Б.Понтекорво сформулировал идею о создании нейтринного телескопа, основанного на приеме нейтринного излучения, по аналогии с

оптическим телескопом, основанным на приеме световых лучей. Б.Понтекорво в статье «Нейтрино в лаборатории и во Вселенной» (сборник «Наука и человечество», 1963) аргументирует: «Задача построения нейтринного телескопа значительно упрощается для нейтрино высокой энергии, превышающей миллиард электронвольт. В таком случае заряженные продукты, образующиеся при взаимодействии нейтрино с ядрами, сохраняют направление налетающих нейтрино, а это позволяет создать телескоп для «неуловимых» частиц высоких энергий. Таким телескопом может служить установка, помещенная на большую глубину и регистрирующая мюоны...» (Б.Понтекорво, 1963).



«Он всегда жил наукой, и его жизнь в ней продолжается. Он казался в ней безграничным и всеохватывающим. Лично не знавшие его зарубежные ученые, знакомясь с его фундаментальными работами по химии и теории детонации, ядерной физике и физике элементарных частиц, астрофизике и космологии, приходили к выводу, что Зельдович, как и Н.Бурбаки, - псевдоним целой группы высококвалифицированных ученых».

М.Ю.Хлопов о Я.Б.Зельдовиче

**525) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1937) пришел к выводу о минимальном значении теплопередачи при чисто кондукционном режиме в покоящейся жидкости по аналогии с представлением Г.Гельмгольца (1868) о том, что в чисто вязкостном режиме диссипация энергии и сопротивление минимальны. В статье «Предельный закон теплопередачи во внутренней задаче при малых скоростях» (1937), содержащейся в книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984), Я.Б.Зельдович отмечает: «Как показал Г.Гельмгольц, в чисто вязкостном режиме диссипация энергии и, следовательно, также сопротивление минимальны. Подобно этому можно показать, что теплопередача минимальна при чисто кондукционном режиме в покоящейся жидкости» (Зельдович, 1984, с.71). Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984) указывает: «Поразительно глубокими, намного опередившими свое время были ранние работы ЯБ (статьи 4 и 5 в настоящем томе). Трудно представить себе, что их автор – 23-летний молодой человек. В первой из этих работ (статья 4) было установлено экстремальное свойство теплопередачи в покоящейся жидкости, аналогичное известному экстремальному свойству диссипации для течений вязкой жидкости. Но здесь замечателен не только классически простой результат. В этой работе впервые появилась очень важная физическая величина – «скорость выравнивания температурных неоднородностей», которая для поля температуры играет в точности ту же роль, что и скорость диссипации для поля скорости в вязкой жидкости» (Харитон, 1984, с.11). Об этой аналогии говорит и сам Я.Б.Зельдович в книге «Избранные труды» (1984): «В цитированной работе [2] также для горения газа было установлено подобие полей концентрации (относительных концентраций или парциальных давлений) и поля температуры, из которого следует также постоянство энтальпии во всей зоне горения. Подобие было установлено в [2] путем рассмотрения дифференциальных уравнений второго порядка диффузии и теплопроводности. В сделанных предположениях о коэффициенте диффузии и теплопроводности подобие полей, а значит, и постоянство энтальпии, в случае горения газа имеет место во всем пространстве и притом не только в стационарной, но и в любой нестационарной задаче» (Зельдович, 1984, с.291).

**526) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1937) ввел в физику важную характеристику температурных полей – скорость убывания меры температурной неоднородности по аналогии с понятием диссипации энергии в потоке вязкой жидкости. В книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984) имеется примечание редактора, который

сообщает: «...В статье попутно впервые введена важная характеристика температурных полей – скорость убывания меры температурной неоднородности  $K(\Delta T)^2$ . Отмечена аналогия данной величины с диссипацией энергии в потоке вязкой жидкости» (Зельдович, 1984, с.73).

**527) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1938) сформулировал теорию горения твердого пороха, согласно которой выделение химической энергии происходит лишь тогда, когда порох вследствие нагревания превращается в газ, по аналогии с работой А.Ф.Беляева (1938), показавшего, что горение жидких взрывчатых веществ происходит в газовой фазе после их испарения. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика» (1984) констатирует: «Представления о механизме горения в 1930-е годы были весьма примитивны. Между тем в 1938 г. в Институте химической физики АН СССР А.Ф.Беляев показал, что горение жидких взрывчатых веществ происходит в газовой фазе после их испарения. По аналогии с этим ЯБ предложил теорию горения твердого пороха (статья 24), согласно которой порох прогревается в твердой фазе и затем разлагается, превращаясь в газ; только в газовой фазе, на некотором расстоянии от поверхности, происходит выделение основной части химической энергии» (Харитон, 1984, с.25).

**528) Аналогия Я.Б.Зельдовича и Д.А.Франк-Каменецкого.** Я.Б.Зельдович и Д.А.Франк-Каменецкий (1938) вывели нелинейное уравнение распространения пламени по аналогии с нелинейным уравнением Колмогорова-Петровского-Пискунова (КПП), описывающим процесс распространения нового биологического вида в пространстве биосферы. Уравнение КПП является аналогом известного из физики уравнения Фоккера-Планка, представляющим собой математическое описание процесса диффузии. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) пишет: «В 1937 г. А.Н.Колмогоров, И.Г.Петровский и Н.С.Пискунов опубликовали замечательную математическую работу (между прочим, также связанную с биологической проблемой). Они показали, что нелинейность может уравновесить диффузию и что в результате может появиться бегущая уединенная волна с постоянной скоростью и формой. По сути дела, была открыта и изучена простейшая математическая модель нервного импульса, но, к сожалению, никто этого не понял. Нельзя сказать, что эта работа вообще не была замечена. Год спустя Я.Б.Зельдович и Д.А.Франк-Каменецкий применили ее результаты к теории горения (вспомните свечу и бикфордов шнур!)...» (Филиппов, 1990, с.244).

**529) Аналогия Якова Зельдовича и Юрия Харитона.** Я.Б.Зельдович и Ю.Б.Харитон (1940) разработали теорию цепной реакции деления урана по аналогии с теорией разветвленных цепных химических реакций Н.Н.Семенова. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) говорит: «Исходя из представлений о протекании цепных разветвленных превращений, Ю.Б.Харитон и Я.Б.Зельдович в 1940 г. разработали теорию деления урана» (Соловьев, 1971, с.306).

**530) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович высказал предположение о существовании ультрахолодных нейтронов (нейтронов, способных испытывать полное отражение от границы вакуум-среда) по аналогии с существованием тепловых (замедленных) нейтронов Э.Ферми. В 1946 г. Ферми сам наблюдал полное отражение тепловых нейтронов от поверхности ряда материалов при углах скольжения в 10 угловых минут.

**531) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1946) нашел решение задачи о влиянии медленно релаксирующих процессов на процесс распространения ударной волны по аналогии с работами А.Эйнштейна и других ученых, исследовавших влияние медленно релаксирующих процессов на процесс распространения звука. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984) указывает: «Отметим несколько конкретных работ ЯБ по теории ударных волн. В работе 1946 г. (статья 15 в настоящем томе) впервые

рассмотрен вопрос о структуре фронта ударной волны в газе с замедленным возбуждением некоторых степеней свободы. Ранее А.Эйнштейн и др. исследовали влияние медленно релаксирующих процессов (диссоциации и возбуждения внутренних степеней свободы) на распространение звука. В работе ЯБ эти идеи переносятся на нелинейный процесс распространения ударной волны» (Харитон, 1984, с.17). Я.Б.Зельдович сам говорит о работах своих предшественников по указанному вопросу в статье «О распространении ударных волн в газе с обратимыми химическими реакциями» (1946). «Акустика газа, - отмечает он, - в котором имеют место обратимые химические реакции, равновесие которых смещается при изменении температуры и плотности в акустической волне, было рассмотрено Альбертом Эйнштейном. Его результаты были впоследствии применены к исследованию весьма быстрых процессов, стоящих на грани между физикой и химией, - перехода молекул из одного вибрационного состояния в другое. Распространение ударных волн, сопровождающееся протеканием необратимой химической реакции с выделением значительных количеств тепла, составляет предмет теории детонации. Ниже рассматривается вопрос о распространении ударных волн в газе с обратимой химической реакцией или с замедленным переходом молекул из одного вибрационного состояния в другое» (Зельдович, 1984, с.136).

**532) Аналогия Я.Б.Зельдовича, И.И.Гуревича и Ю.Б.Харитона.** Идея Я.Б.Зельдовича, И.И.Гуревича и Ю.Б.Харитона о создании водородной бомбы, в которой термоядерный синтез легких ядер достигается разогревом дейтерия ударной волной, инициированной атомным взрывом, возникла по аналогии с рассуждениями И.Померанчука об участии дейтерия в реакции синтеза легких ядер как источнике энергии звезд. Ю.Б.Харитон, В.Г.Адамский и Ю.Н.Смирнов в статье «О создании советской водородной (термоядерной) бомбы» (УФН, 1996, февраль) пишут: «По воспоминаниям И.И.Гуревича, дейтерий в реакции с легкими ядрами интересовал его и И.Я.Померанчука в качестве источника энергии звезд. Они обсуждали эту проблему с Я.Б.Зельдовичем и Ю.Б.Харитоном, которые, в свою очередь, увидели, что термоядерный синтез легких ядер может оказаться осуществимым в земных условиях, если разогреть дейтерий ударной волной, инициированной атомным взрывом. Научный отчет четырех авторов был отпечатан на машинке как несекретный документ, никогда не был засекречен и до сих пор хранится в открытых фондах архива Курчатковского института» (Харитон, Адамский, Смирнов, УФН, 1996, с.202).

**533) Аналогия Якова Зельдовича.** Идея Я.Б.Зельдовича (1952) о существовании и сохранении ядерного заряда для элементарных частиц гиперонов возникла у него по аналогии с наличием и сохранением электрического заряда. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» (1988) констатирует: «...Стабильность ядерной материи может быть истолкована как закон сохранения числа нуклонов. С учетом гиперонов и античастиц его можно сформулировать так: разность числа тяжелых частиц и числа соответствующих античастиц является константой движения. Впервые в применении к нуклонам... это положение было высказано Шиффом. Независимо аналогичные соображения были развиты в общетеоретической форме японским физиком Онедой. Наконец, Зельдович предложил ввести понятие ядерного заряда аналогично электрическому» (Готт, 1988, с.207). Также, руководствуясь аналогией, Я.Б.Зельдович выдвинул гипотезу о существовании лептонного заряда (заряда элементарных частиц, участвующих в слабом взаимодействии). Со слов В.С.Готта, «наряду с понятиями электрического и барионного заряда вводится понятие лептонного заряда... сохраняющегося при всех превращениях» (Готт, 1988, с.208). «Закон сохранения лептонного заряда, - поясняет В.С.Готт, - был впервые сформулирован Я.Б.Зельдовичем, Д.Марксом, Э.Кнопинским и Е.Махмудом» (там же, с.208). Об этом же пишет Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика» (1984): «В середине 1950-х годов было открыто несохранение четности и создана универсальная теория – (V-A)-теория слабого взаимодействия. Началось построение составных моделей адронов. Была создана первая неабелева калибровочная

теория. В эти годы ЯБ внес важный вклад в целый ряд из перечисленных выше направлений. В 1952 г. он формулирует закон сохранения ядерного (барионного) заряда, распространяя его на незадолго до того открытые в космических лучах нестабильные частицы, в дальнейшем получившие название странных частиц. В 1953 г. ЯБ вводит закон сохранения лептонного (нейтринного) заряда как один из основных строгих законов природы. Оба эти закона важны для классификации элементарных частиц в процессах, идущих с их участием» (Харитон, 1984, с.30). Важную роль аналогии в генезисе идеи Зельдовича о существовании ядерного заряда для гиперонов подчеркивает С.С.Герштейн в статье «Работы Я.Б.Зельдовича и современная физика частиц» (УФН, 2004, август): «Анализируя распад  $\Lambda$ -гиперона (его относили тогда к типу V-частиц) на протон и пион, Я.Б.Зельдович предложил в 1952 г. ввести понятие ядерного заряда, соответствующего закону сохранения тяжелых частиц (нуклонов и гиперонов). Тем самым он распространил на гипероны понятие тяжелого заряда, предложенное в 1938 г. Е.Штюкельбергом для нуклонов и обсуждавшееся в 1949, 1952 гг. Е.Вигнером (ЯБ не знал об этих работах, так как они были опубликованы в малодоступных для него журналах...» (Герштейн, УФН, 2004, с.912).

**534) Аналогия Я.Б.Зельдовича и С.С.Герштейна.** Я.Б.Зельдович и С.С.Герштейн (1955) сделали предположение о том, что константа векторного взаимодействия нуклонов не модифицируется сильными взаимодействиями, по аналогии с тем фактом, что электрический заряд сильновзаимодействующих частиц не модифицируется виртуальными частицами. Это была идея сохранения векторного тока в слабых взаимодействиях. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика» (1984) пишет о догадках, возникших у Зельдовича при исследовании распада заряженного  $p$ -мезона: «Продолжая теоретическое исследование этого распада в работе 1955 г., ЯБ совместно с С.С.Герштейном заключает, что константа векторного взаимодействия нуклонов не модифицируется сильными взаимодействиями, подобно тому, как не модифицируется виртуальными частицами электрический заряд сильновзаимодействующих частиц. Замечание ЯБ и С.С.Герштейна, сделанное в то время, когда общепринято было считать, что в  $\beta$ -распаде осуществляется не векторное, а скалярное взаимодействие, сыграло важную роль при создании универсальной теории слабого взаимодействия. В 1957 г., формулируя в рамках этой теории идею сохраняющегося векторного тока, М.Гелл-Манн и Р.Фейнман (США) возрождают гипотезу С.С.Герштейна и ЯБ. В докладе Роксбергской конференции в 1960 г. Р.Фейнман сказал: «Идея о том, что если в  $\beta$ -распаде имеется векторный ток, то этот ток может быть сделан сохраняющимся, была впервые выдвинута С.С.Герштейном и Я.Б.Зельдовичем. М.Гелл-Манн и я не знали об этом, когда разрабатывали ее» (Харитон, 1984, с.30). Об этой же аналогии Я.Б.Зельдовича пишут Д.А.Франк-Каменецкий и Я.А.Сморodinский в статье «Яков Борисович Зельдович» (УФН, 1964, март): «Большое место в творчестве ЯБ, особенно за последнее время, занимает теория элементарных частиц. Здесь ярко проявилась его замечательная интуиция и умение видеть новые качественные особенности явления там, где еще не сформировалась четкая теория. Наиболее убедительным примером, несомненно, служит открытое им в 1955 г. (вместе со своим молодым и талантливым учеником С.С.Герштейном) явление сохранения векторного тока в слабых взаимодействиях. Обнаруженная ими глубокая аналогия с электродинамическим взаимодействием лежит сейчас в основе теории» (УФН, 1964, с.570).

**535) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1956) вывел уравнение векторного потенциала для магнитного поля в двумерном случае по аналогии с уравнением диффузии, которое выводили еще Больцман, Эйнштейн, Ланжевэн, Смолуховский, Планк и Фоккер. Ю.Б.Харитон пишет о статье, в которой Зельдович впервые вывел это уравнение для магнитного поля: «Доказательство основано на том, что уравнение векторного потенциала для магнитного поля в двумерном случае имеет характер уравнения диффузии в движущейся среде, которое естественно описывает затухание возмущения» (Харитон, 1984,

с.12). В работе «Магнитное поле в проводящей турбулентной жидкости при двумерном движении» (1956) Зельдович показал, что начальное магнитное поле возрастает в конечное число раз, а в дальнейшем сменяется экспоненциальным затуханием. Есть основания считать, что Зельдович пришел к заключению о затухании магнитного поля в проводящей турбулентной жидкости по аналогии с представлением Л.Ландау (1946) о затухании колебаний, возникающих в возмущенной электронной плазме. Б.Горобец в книге «Круг Ландау» (2006) отмечает: «В 1946 г. Ландау показал, что колебания, возникающие в возмущенной электронной плазме, затухают, даже если не учитывать кулоновское взаимодействие (трение) между электронами» (Горобец, 2006, с.195). Я.Б.Зельдович (1969) совместно с Г.С.Бисноватым-Коганом решил задачу о бесстолкновительном затухании первичных возмущений плотности в недрах звезд по аналогии со своими исследованиями (1956) по вопросу о затухании начального магнитного поля в турбулентной жидкости. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984) констатирует: «Замечательно, что вопрос о росте или затухании возмущений в газе из бесстолкновительных гравитирующих частиц был решен ЯБ (совместно с Г.С.Бисноватым-Коганом) ранее в приложении к газу из звезд. Это решение оказалось важнейшим в задаче о космологической роли массивных нейтрино, оно определяет масштаб затухания первичных возмущений плотности и задает массу скоплений галактик» (Харитон, 1984, с.38).

**536) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1956) нашел решение задачи о взрыве на границе раздела двух сред и дал набросок теории короткого удара по аналогии с решением задачи о распространении бегущей волны пламени в случае горения. Зельдович обратил внимание, что в обоих задачах движение осуществляется в автомодельном режиме. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды» (1984) пишет об особенностях взрыва на границе раздела двух сред: «Оказалось, что движение быстро выходит на автомодельный режим, как и в задаче о сильных тепловых волнах» (Харитон, 1984, с.14). «Показатели степени автомодельных переменных, - поясняет Ю.Б.Харитон, - как оказалось, определяются не из законов сохранения и анализа размерностей, а из условия существования автомодельного решения в целом, вполне аналогично скорости распространения бегущей волны пламени в задаче горения; отмеченная аналогия, как выяснилось впоследствии, носит весьма глубокий характер. Задачи такого рода рассматривались и до ЯБ в работах немецкого физика К.Гудерлея и советских ученых Л.Д.Ландау, К.П.Станюковича (1942-1944) о сходящейся сильной ударной волне» (там же, с.14). Со слов Ю.Б.Харитона, «работы ЯБ по горению и детонации положили начало новому этапу в развитии этой науки, в которой логично и последовательно объединились достижения, идеи и методы газодинамики, газокINETической теории, эффектов молекулярного переноса и реальной кинетики химических реакций при высоких температурах» (там же, с.19). «Более того, - продолжает Ю.Б.Харитон, - вся современная мировая наука о горении в настоящее время развивается путями, намеченными в работах ЯБ» (там же, с.19).

**537) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1959) выдвинул гипотезу об изотопической инвариантности слабого взаимодействия, то есть о применимости к лептонам - частицам слабого взаимодействия - понятия изотопического спина, по аналогии с изотопической инвариантностью нуклонов (протонов и нейтронов). Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика» (1984) указывает: «Замечательно, что соображения ЯБ были основаны на гипотезе о том, что нейтрино и электрон представляют собой изотопический дублет, а слабое взаимодействие должно быть изотопически инвариантно. Эта идея, выдвинутая независимо ЯБ и незадолго до этого С.А.Бладманом (США), была очень смелой. Ведь в то время считалось, что понятие изотопического спина на лептоны не распространяется» (Харитон, 1984, с.31). Интересно, что лауреат Нобелевской премии по физике за 1969 год М.Гелл-Манн

сформулировал предположение о зарядовой независимости (изотопической инвариантности) таких элементарных частиц, как гипероны и К-мезоны, по аналогии с идеей Брейта и Финберга (1936) о зарядовой независимости нуклонов (протонов и нейтронов) и гипотезой Э.Ферми о зарядовой независимости пи-мезонов. В.С.Готт в книге «Философские вопросы современной физики» отмечает: «Математическим выражением факта зарядовой независимости ядерных взаимодействий является сохранение полного изотопического спина, или «изотопическая инвариантность» (Готт, 1988, с.211). «Распространение концепции изотопической инвариантности, - добавляет В.С.Готт, - на гипероны и К-мезоны (Гелл-Манн, Нишиджима и др.) привело к первой удачной попытке классификации элементарных частиц» (там же, с.212).

**538) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1967) сформулировал идею о том, что наблюдаемое электромагнитное поле целиком создано квантовыми флуктуациями вакуума, по аналогии с предположением других ученых о том, что наблюдаемое гравитационное поле (поле тяготения, объясняющее взаимодействие массивных небесных тел) также целиком создано квантовыми флуктуациями вакуума. Ю.Б.Харитон в предисловии к книге Я.Б.Зельдовича «Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика» (1984) пишет: «Отметим некоторые очень общие постановки вопроса. Ярким примером этого является его работа 1967 г., в которой он поставил вопрос о том, возможна ли теория, в которой затравочное фотонное поле отсутствует, а наблюдаемое электромагнитное поле целиком создано квантовыми флуктуациями вакуума. Эта смелая идея, распространяющая на электродинамику мысль, высказанную ранее относительно гравитационного взаимодействия (отчасти под влиянием работ ЯБ по космологической постоянной), до сих пор не опровергнута и не подтверждена» (Харитон, 1984, с.33).

**539) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович (1971) выдвинул гипотезу о рождении частиц и античастиц в сильном гравитационном поле по аналогии с рождением электронов и позитронов в поле сверхкритических ядер, масса которых больше 137 единиц. С.С.Герштейн в статье «Работы Я.Б.Зельдовича и современная физика частиц» (УФН, 2004, август) указывает: «Исследования в области частиц и КЭД стимулировали Якова Борисовича на важные открытия в космологии. Так, рассмотрев рождение позитронов в поле сверхкритических ядер ( $Z > 137$ ), он пришел в своих знаменитых работах с А.А.Старобинским и Л.П.Питаевским к идее рождения частиц и античастиц в сильном гравитационном поле – эффекту, позволяющему наполнить веществом «пустую» раннюю Вселенную» (Герштейн, УФН, 2004, с.917).

**540) Аналогия Якова Зельдовича.** Я.Б.Зельдович пришел к выводу о том, что энергия вакуума не может быть нулевой, по аналогии с тем, что атомы и молекулы, охлажденные до температуры абсолютного нуля, не могут перестать осциллировать: осцилляции, обладающие минимальной энергией и амплитудой, останутся. Основанием для проведения данной аналогии послужил тот факт, что и поведение вакуума, и поведение сильно охлажденных атомов и молекул подчиняется квантовому принципу неопределенности Гейзенберга. Я.Б.Зельдович в статье «Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии» (УФН, 1981, март) пишет о поведении атомов, которые он представляет как шарики: «Даже при самой низкой температуре, отдав всю энергию, которую он только мог отдать, шарик продолжает осциллировать с определенной энергией и амплитудой. Вы не можете пользоваться квантовой механикой и избавиться от этого результата. Нельзя представить себе шарик в покое в состоянии равновесия: это означало бы точно нулевую скорость во вполне определенном положении строгого равновесия – чудовищное нарушение принципа неопределенности, противоречащее современной теории. По аналогии легко представить себе, что применение квантовой теории к электромагнитному полю неизбежно приведет к сходному результату: окажется, что не может одновременно обращаться в нуль плотность

электромагнитной энергии. Можно ставить вопрос о минимуме энергии, как мы говорим о наименьшем (основном) состоянии осциллятора. Ясно, однако, что этот минимум не равен нулю» (Зельдович, УФН, 1981, с.482).



«...Будкер твердо знал, что существует наука и что это важнее всего. Андрей Михайлович был физик, что называется, милостью божьей. Но не только тонкое понимание и знание физики отличало его. Будкер был еще и замечательным, «фонтанирующим» изобретателем. Не зря Ландау назвал его релятивистским инженером».

И.Хриплович об Андрее Будкере

**541) Аналогия Андрея Будкера.** А.М.Будкер (1965) пришел к идее создания ускорителя элементарных частиц, получившего название коллайдер, который основан на столкновении встречных пучков электронов и протонов, по аналогии с исследованиями Я.Б.Зельдовича, посвященными прямой проверке квантовой электродинамики. В ходе этих исследований Я.Б.Зельдович высказал замечание о том, что наилучшим средством прямой проверки квантовой электродинамики (КЭД) были бы эксперименты на встречных электронных пучках. Это замечание сыграло роль подсказки для А.М.Будкера. С.С.Герштейн в статье «Работы Я.Б.Зельдовича и современная физика частиц» (УФН, 2004, август) пишет о работе Зельдовича 1955 года: «В упомянутой работе Якова Борисовича содержалось замечание о том, что наилучшей прямой проверкой КЭД на малых расстояниях были бы эксперименты на встречных электронных пучках, однако, как полагал Я.Б.Зельдович, они вряд ли осуществимы из-за малой интенсивности пучков. Впоследствии А.М.Будкер писал, что именно это замечание стимулировало его на создание коллайдера. Первый созданный ЯАФ СОАН электрон-электронный коллайдер имел в качестве одной из важнейших целей именно проверку КЭД. Таким образом, краткое замечание Якова Борисовича способствовало созданию современной коллайдерной техники (по крайней мере, в нашей стране)» (Герштейн, УФН, 2004, с.916). Сам А.М.Будкер в статье «Ускорители со встречными пучками частиц» (УФН, 1966, август) констатирует: «Идея встречных пучков не нова, она является тривиальным следствием теории относительности. Впервые, как мне известно, ее высказал академик Зельдович, правда, в весьма пессимистическом тоне. Пессимизм вполне понятен. В этом случае мишенью служит второй пучок, плотность которого на 17 порядков меньше плотности конденсированной среды – мишени обычного ускорителя» (Будкер, УФН, 1966, с.534).

**542) Аналогия Федора Шапиро.** Ф.Л.Шапиро (1968) пришел к идее эксперимента, который позволил бы обнаружить электрический дипольный момент нейтрона, по аналогии с исследованиями Я.Б.Зельдовича, который в 1958 году предложил хранить сверхзамедленные нейтроны в замкнутой полости. А.И.Франк в статье «Фундаментальные свойства нейтрона: пятьдесят лет исследований» (УФН, 1982, май) отмечает: «Выход из создавшегося положения, позволяющий разрешить обе трудности, был найден Ф.Л.Шапиро в 1968 г. Он предложил воспользоваться идеей Я.Б.Зельдовича, высказанной десятью годами ранее, о возможности хранения очень медленных так называемых ультрахолодных нейтронов (УХН) в замкнутой полости. (...) Используя такую емкость с УХН вместо пучка нейтронов, можно на несколько порядков увеличить время нахождения нейтронов в области полей и поднять тем самым чувствительность опыта» (Франк, УФН, 1982, с.23).

**543) Аналогия Евгения Фейнберга.** Известный ученый Е.Л.Фейнберг, который совместно с Векслером разработал метод автофазировки для ускорителей элементарных частиц, выдвинул гипотезу о существовании адронов, находящихся в неравновесном состоянии, по аналогии со

своей же идеей о существовании неравновесных состояний электронов, когда электрон частично лишен своего электромагнитного поля. И.В.Андреев, В.Л.Гинзбург и другие в статье «Памяти Евгения Львовича Фейнберга» (УФН, 2006, июнь) пишут: «Близкими по духу являются работы Е.Л.Фейнберга, в которых им был поставлен и решен принципиальный вопрос о возможности существования и наблюдения электрона в неравновесном состоянии, когда электрон частично лишен своего электромагнитного поля. Полученные выводы были распространены им на адроны, что привело к понятию о неравновесных адронах, свойства которых можно изучать при их повторных взаимодействиях с нуклонами внутри ядра» (Андреев, Гинзбург и другие, УФН, 2006, с.684).



«Это неправда, что у нас одна жизнь. У меня их несколько. Одну жизнь я прожил, когда пытался построить теорию сверхпроводимости. Был период, когда я был скульптором, и тогда забывал обо всем остальном. Была жизнь, отданная ядерной физике, потом другая – во время подводных экспедиций, когда капитан утром приходил ко мне и спрашивал: «Бенедиктыч, куда сегодня пойдём?»».

Аркадий Мигдал о себе

**544) Аналогия Аркадия Мигдала.** Выдающийся русский физик Аркадий Бенедиктович Мигдал (1959) построил сверхтекучую модель атомного ядра, в которой сформулировал идею о важной роли сверхтекучести на уровне атомных ядер, по аналогии с теорией сверхтекучести Бардина-Купера-Шриффера, в которой сверхтекучесть жидкого гелия объясняется спариванием электронов. А.И.Ларкин в книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) отмечает: «АБ сразу стал искать применение теории БКШ в ядерной физике. Целый день мы сидели с ним и обрабатывали таблицу изотопов: считали четно-нечетные разности масс ядер. Почти у всех тяжелых ядер эти разности были одинаковыми. Значит, это свойство ядерной материи. АБ вспомнил о сверхтекучей модели Ландау для моментов инерции ядер. По этой модели моменты инерции получались слишком малыми. Мигдал позвонил Ландау и сказал: «Дау, у нас нет совместной работы, давайте сделаем работу про моменты инерции» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.42). И.О.Агасян в той же книге констатирует: «Следующий этап научного творчества А.Б.Мигдала был связан с применением методов квантовой теории поля в ядерной физике. Работа «Сверхтекучесть и моменты инерции ядер» (1959) была одной из первых, в которых разрабатывалась теория атомных ядер с учетом сверхтекучести нуклонов. В ней (и независимо в работе С.Т.Беляева) было показано, что отличие моментов инерции ядер от твердотельных значений есть следствие эффектов сверхтекучести» (там же, с.8). Намек на то, что гипотеза А.Б.Мигдала (1959) о возможности ядерной сверхпроводимости, обусловленной объединением нейтронов или протонов в пары, возникла по аналогии с электронной сверхпроводимостью, содержится также в книге В.И.Рыдника «История сверхпроводимости, или электроны шагают в ногу» (1986). В этой книге В.И.Рыдник пишет: «В 1959 году А.Б.Мигдал высказал предположение, что нейтроны с энергиями, близкими к «границе Ферми», могут объединяться в пары, так что возникает их бозе-конденсация» (В.И.Рыдник, 1986). Об аналогии между поведением нуклонов и сверхтекучим гелием говорил также В.Вайскопф, который в книге «Физика в двадцатом столетии» (1977) отмечает: «Пожалуй, более уместно сравнивать ядерные силы с силами Ван-дер-Ваальса, действующими между атомами с замкнутыми оболочками. Тогда ядерное вещество соответствовало бы сверхтекучему гелию. Эта аналогия идет удивительно далеко, позволяя объяснить довольно независимое движение нуклонов в ядре (оболочечная модель), а также некоторые характерные свойства спектров, связанные с наличием энергетической щели в сверхтекучей жидкости» (Вайскопф, 1977, с.76).

**545) Аналогия Аркадия Мигдала.** А.Б.Мигдал (1958) выдвинул гипотезу о существовании сверхтекучести в коре нейтронной звезды по аналогии со своей сверхтекучей моделью атомного ядра. А.Б.Мигдал считал, что если явление сверхтекучести может существовать на уровне атомных ядер, то можно также допустить возможность ее наличия в недрах нейтронной звезды. М.И.Монастырский, перечисляя новые идеи А.Б.Мигдала, пишет: «Еще один результат (1958 года) – предсказание сверхтекучести коры нейтронной звезды представляет особый интерес с точки зрения современной физики. Предсказанию сверхтекучести в нейтронной звезде посвящена всего одна строчка, хотя и с указанием возможной температуры перехода, но сама идея основана на глубокой аналогии со сверхтекучестью ядерного вещества, которой и посвящена статья с детально проведенными аналитическими выкладками» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.199). Примечательно, что ученые экстраполировали на звездные объекты не только сверхтекучесть, но и сверхпроводимость. Известно, что такую экстраполяцию проводил В.Гинзбург, а кроме него Б.А.Трубников. В книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) Б.А.Трубников указывает: «Через некоторое время, желая исправить ошибку, я направил в ЖЭТФ другую статью «О возможности протонной сверхпроводимости в белых карликах», но она не была принята редакцией, поскольку рецензент написал, что «протонная компонента в белых карликах имеет очень малую плотность». Вскоре, однако, было признано, что протонная сверхпроводимость возможна в нейтронных звездах, а на возможность сверхтекучести нейтронной компоненты было указано Мигдалом ранее, в известной работе 1959 года» (там же, с.130).

**546) Аналогия Аркадия Мигдала.** А.Б.Мигдал разработал теорию конечных ферми-систем, то есть теорию описания атомного ядра как своеобразной ферми-жидкости, по аналогии с теорией ферми-жидкости, построенной Л.Д.Ландау. Э.Е.Саперштейн в книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) указывает, что в работе по созданию теории конечных ферми-систем А.Б.Мигдалу помогали его ученики Виктор Ходель, Владимир Крайнов, Алексей Лушников и Михаила Троицкий. «Они трое, - пишет Э.Е.Саперштейн, - вместе с Витей и мною, образовали костяк группы, которая помогала АБ в развитии теории конечных ферми-систем. Так он назвал новый подход в теории ядра, который начал развивать в это время, опираясь на теорию ферми-жидкости Ландау» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.84). Со слов Э.Е.Саперштейна, «на начальном этапе создания нового подхода большую роль сыграл Голя Ларкин, который за очень короткий срок сделал с Мигдалом две работы по распространению теории ферми-жидкости Ландау на ядерную материю (два типа частиц) и сверхтекучую ферми-жидкость» (там же, с.85). Об аналогии между ферми-жидкостями и конечными ферми-системами, которую реализовал А.Б.Мигдал, пишет также А.А.Лушников: «АБ решил, что пришла пора стать академиком, а чтобы пройти с первого захода, надо было предъявить что-то невероятное. Идея была объявлена: конечные ферми-системы и применение теории ферми-жидкости Ландау для описания атомных ядер. Немедленно была объявлена всеобщая мобилизация. Все должны были заниматься конечными ферми-системами и физикой ядра (вернее, низкоэнергетической физикой ядра)» (там же, с.96). Об этом же говорит Л.Г.Ландсберг: «Когда в конце пятидесятых годов возникла задача об описании ядра как конечной сверхтекучей ферми-жидкости, АБ изменил характер общения со своими сотрудниками. Тогда в сектор пришло много молодых, с которыми он работал по этой теме» (там же, с.180). Сам А.Б.Мигдал в книге «Качественные методы в квантовой теории» (1975) сообщает об указанной аналогии следующее: «У нейтронных квазичастиц возникает орбитальный магнетизм, связанный с их движением по орбите. В отсутствие взаимодействия орбитальный магнетизм есть только у протонов. Для бесконечной однородной ферми-системы описанная выше теория взаимодействующих квазичастиц была построена Ландау (1958). Метод квазичастиц в применении к теории ядра состоит в следующем. Прежде всего, доказывается, что для слабых возбуждений ядро можно рассматривать как газ квазичастиц в потенциальной яме. Взаимодействие между

квазичастицами характеризуется несколькими универсальными константами» (Мигдал, 1975, с.211). Ранее мы уже говорили, что сам Ландау построил теорию ферми-жидкости по аналогии с исследованиями В.П.Сирина по электронным спектрам металлов.

**547) Аналогия Бенджамина Моттельсона и Оге Бора.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1975 год Б.Моттельсон и О.Бор, сын Нильса Бора (1958), независимо от А.Б.Мигдала построили теорию коллективного движения протонов и нейтронов в ядрах и спаривания этих частиц в указанных ядрах по аналогии с теорией сверхпроводимости. В этой теории также имеет место эффект спаривания (корреляции), только спариваются не нуклоны внутри атомного ядра, а электроны, образующие пары за счет обмена фононами (квантами тепловых колебаний решетки кристалла). Кроме того, Б.Моттельсон заметил, что и в спектре возбуждения атомных ядер, и в спектре возбуждений сверхпроводника существует энергетическая щель, что усиливает отмеченную аналогию. Б.Моттельсон в своей Нобелевской лекции «Элементарные виды возбуждения в ядрах» (УФН, 1976, декабрь) пишет: «Для нас было удачным обстоятельство, что Дэвид Пайнс летом 1957 г. провел несколько месяцев в Копенгагене и за это время ввел нас в новую удивительную область – теорию сверхпроводимости. После дискуссий с ним стало очевидным, что эти концепции имеют отношение к проблеме парных корреляций в ядрах. Важным вопросом, обсуждавшимся в этих дискуссиях, был факт постепенного накопления экспериментальных данных о существовании энергетической щели в спектрах возбуждения ядер, которая напоминала энергетическую щель, найденную в сверхпроводниках» (Моттельсон, УФН, 1976, с.567). «В системах с большим числом частиц вне заполненных оболочек, - говорит Моттельсон о поведении нуклонов вне заполненных оболочек атомного ядра, в котором нуклоны движутся по кольцам, - основное состояние можно рассматривать аналогично сверхпроводнику, как конденсат из коррелированных пар» (там же, с.570). Исходные посылы аналогии, проведенной Б.Моттельсоном, описываются в статье С.Т.Беляева и В.Г.Зелевинского «Нильс Бор и физика атомного ядра» (УФН, 1985, том 147, выпуск 2): «Феноменологическое введение спаривания в модель независимых частиц, необходимое для однозначности ее предсказаний, сменилось осознанием того факта, что система нуклонов в сложных ядрах является сверхтекучей (сверхпроводящей). Конечно, такая связь могла быть установлена только после построения микроскопической теории сверхпроводимости металлов. По этому образцу была теперь сформулирована и теория парных корреляций в ядрах» (Беляев, Зелевинский, 1985, с.229). Что касается аналогии Оге Бора, то о ней пишет С.Г.Кадминский в статье «Радиоактивность атомных ядер: история, результаты, новейшие достижения» («Соросовский образовательный журнал», 1999, № 11): «Природа не любит терять свои прекрасные находки. Она использует их в различных физических объектах. Это и формирует единство физики. В 1958 году Оге Бор высказал гипотезу о существовании сверхтекучих свойств у атомных ядер. Практически за один год эта гипотеза была полностью подтверждена и реализована в создании сверхтекучей модели атомного ядра, в которой принимается, что пары протонов или нейтронов объединяются в куперовские пары со спином, равным нулю, а бозе-конденсация этих пар формирует сверхтекучие свойства ядер» (С.Г.Кадминский, 1999).

**548) Аналогия Раймонда Дэвиса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2002 год Р.Дэвис (1951) пришел к идее о регистрации солнечных нейтрино с помощью хлор-аргонного метода по аналогии с исследованиями Бруно Понтекорво, который предложил использовать хлор-аргонный метод для детектирования нейтрино еще в 1946 году. Данный метод основан на том, что попадание элементарной частицы нейтрино в сосуд с хлором вызывает его превращение в аргон. Р.Дэвис в своей Нобелевской лекции «Полвека с солнечным нейтрино» (УФН, 2004, апрель) указывает: «В 1951 году я начал работать над радиохимическим экспериментом по регистрации нейтрино методом, предложенным Понтекорво... Короткая статья Бруно Понтекорво была достаточно подробной, и описанный им метод извлечения

аргона с помощью продувки четыреххлористого углерода и подсчета числа атомов Ag в газоразрядном счетчике имел много схожего с технологиями, которые я в конечном счете и использовал в своих экспериментах» (Дэвис, 2004, с.409). Об этой аналогии пишет также С.С.Герштейн в статье «Воспоминания и размышления о Бруно Понтекорво», представленной в журнале «Природа» (1998 г., № 4): «Именно Бруно стал отцом экспериментальной нейтринной физики, выдвинув в 1946 г. идею о возможности регистрации свободного нейтрино от ядерных реакторов и разработав для этой цели радиохимический (в частности, так называемый хлор-аргонный) метод детектирования ядерных реакций, вызываемых нейтрино» (С.С.Герштейн, 1998). «Идеи и расчеты Бруно, - поясняет С.С.Герштейн, - подтолкнули эксперимент. Когда была разработана техника больших сцинтилляторов (которой не существовало в 1946 г.), стало возможно прямое детектирование нейтрино, что и было осуществлено Ф.Райнесом и К.Коуэном в 1953-1956 гг. Хлор-аргонный метод был впоследствии развит Р.Дэвисом. С помощью этого метода удалось впервые установить, что антинейтрино не тождественны нейтрино, а также зарегистрировать нейтрино от Солнца» (С.С.Герштейн, 1998).

**549) Аналогия Бертрама Брокхауза и Клиффорда Шалла.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1994 год Б.Брокхауз и К.Шалл (1951) независимо друг от друга сформулировали идею о возможности исследования кристаллографической структуры веществ путем облучения данных веществ медленными нейтронами, дающими соответствующую дифракцию, по аналогии с изучением строения кристаллов путем облучения их рентгеновскими лучами, также дающими соответствующую дифракцию. Впоследствии эта аналогия воплотилась в хорошо поставленные эксперименты. Б.Брокхауз в своей Нобелевской лекции «Спектроскопия медленных нейтронов и Великий Атлас физического мира» (УФН, 1995, декабрь) говорит: «К 1951 г. было проведено несколько экспериментов по изучению упругого рассеяния монохроматических медленных нейтронов на образцах, имеющих структуру порошковых кристаллов (нейтронный аналог дифракционных картин Дебая-Шеррера для рентгеновского рассеяния). Они прояснили понимание кристаллографической структуры этих веществ. Было даже несколько работ по исследованию углового распределения при рассеянии медленных нейтронов на ряде жидких и газообразных образцов. И, что особенно важно, был продемонстрирован факт рассеяния нейтронов на кристаллических веществах, содержащих атомы с ненулевым магнитным моментом, и определены некоторые магнитные характеристики» (Брокхауз, УФН, 1995, с.1381). Сам Клиффорд Шалл в своей Нобелевской лекции «Ранее развитие физики нейтронного рассеяния» (УФН, 1995, декабрь) не оставляет сомнений в том, что он использовал аналогию между медленными нейтронами и рентгеновскими лучами. Называя способ превращения обычных нейтронов в медленные (тепловые) нейтроны процессом термализации Ферми, он пишет: «В силу принципа корпускулярно-волнового дуализма было ясно, что в процессе такой термализации Ферми тепловые нейтроны должны проявлять волновые свойства с дебройлевской длиной волны, сравнимой с межатомным расстоянием в твердых телах. А значит, при рассеянии нейтронов кристаллами, как и в случае рентгеновского излучения, возможно возникновение дифракционных эффектов. Первые эксперименты в 1936 г. косвенно подтвердили справедливость этой гипотезы» (Шалл, УФН, 1995, с.1399). Примечательно, что еще Э.Ферми отмечал аналогию между дифракцией медленных нейтронов и дифракцией рентгеновских волн на кристаллах. Это неудивительно, ведь именно Э.Ферми открыл медленные (тепловые) нейтроны. Р.П.Озеров в статье «История нейтронографии и тенденции ее развития» (УФН, 1997, май), говоря о научных статьях, появившихся в науке после работы В.Эльзассера (1936) об аналогии между нейтронами и рентгеновскими лучами, указывает: «Наиболее важной в этом отношении была статья Э.Ферми и Л.Маршалла, в которой были определены возможности нейтронной дифракции в изучении физики и химии кристаллов и измерены амплитуды (длины) рассеяния для более

чем 20 ядер, в том числе и для тех, у которых они оказались отрицательными» (Озеров, УФН, 1997, с.542).

**550) Аналогия Андреаса Отто.** Андреас Отто (1960-е годы) разработал теорию поверхностных плазмонов (ПП), в которой сформулировал условия возбуждения оптических волн на гладких поверхностях, по аналогии с теорией А.Зоммерфельда, описывающей распространение радиоволн вдоль поверхности Земли. А.Отто также отталкивался от открытия Роберта Вуда, который обнаружил поверхностные оптические волны (плазмоны) в одном из своих экспериментов. С.И.Валянский в статье «Микроскоп на поверхностных плазмонах» («Соросовский образовательный журнал», 1999, № 8) указывает: «В начале века внимание ученых было занято решением задачи распространения вдоль поверхности диэлектрической среды локализованных возле нее электромагнитных волн, то есть таких, у которых амплитуда убывала бы экспоненциально с ростом расстояния от поверхности как вглубь диэлектрика, так и в сторону контактирующего с ней вакуума. Интерес к такого рода задачам был связан с проблемами распространения радиоволн вдоль поверхности Земли. Были достигнуты большие успехи в создании теории этих процессов, выведены условия их существования и дисперсионные соотношения для таких поверхностных волн. Наибольший вклад в решение этой задачи внес немецкий физик-теоретик Арнольд Зоммерфельд со своими сотрудниками. Но до практической реализации так и не дошло. Поэтому эти работы не вызвали особого резонанса у научной общественности. Приблизительно в то же время (в 1902 году) американский оптик Роберт Вуд обнаружил изменение интенсивности пучка света, дифрагирующего на решетке. Это было первое экспериментальное наблюдение ПП в оптическом диапазоне. Но понято это было только в 1941 году, когда итальянскому физико-теоретику Уго Фано удалось объяснить аномалии Вуда. И даже после этого никто не увидел похожесть этих объектов на те, которые изучал Зоммерфельд. Только в конце 60-х годов Андреас Отто применил идеи, развитые в работах немецкого физика, к электромагнитным волнам оптического диапазона. Он сформулировал условия, при которых можно возбуждать ПП-волны на гладких поверхностях, и указал метод, как можно их возбуждать в оптическом диапазоне длин волн. Тем самым был открыт путь к экспериментальному исследованию ПП в оптическом диапазоне» (С.И.Валянский, 1999).

**551) Аналогия Мартина Крускала и Нормана Забуски.** М.Крускал и Н.Забуски (1965) сделали заключение о широкой распространенности уединенной волны, описываемой уравнением Кортевега-де Фриса, когда заметили, что уравнение Кортевега-де Фриса, моделирующее поведение уединенной волны Скотта Рассела, аналогично уравнению Ферми-Паста-Улама, описывающему характер колебаний 64-х грузиков, связанных друг с другом пружинками, и уравнению, отражающему ионно-звуковые волны в электронной плазме. Аналогия между тремя этими уравнениями и привела ученых к мысли об универсальности солитонов, открытых С.Расселом в 1834 году. Н.А.Кудряшов в статье «Нелинейные волны и солитоны» («Соросовский образовательный журнал», 1997, № 2) пишет об исследованиях М.Крускала и Н.Забуски: «После расчетов и поиска аналогий эти ученые установили, что уравнение, которое использовали Ферми, Паста и Улам, при уменьшении расстояния между грузиками и при неограниченном росте их числа переходит в уравнение Кортевега-де Фриса. То есть, по существу, задача, предложенная Ферми, сводилась к численному решению уравнения Кортевега-де Фриса, предложенного в 1895 году для описания уединенной волны Рассела. Примерно в те же годы было показано, что для описания ионно-звуковых волн в плазме используется также уравнение Кортевега-де Фриса. Тогда стало ясно, что это уравнение встречается во многих областях физики и, следовательно, уединенная волна, которая описывается этим уравнением, является широко распространенным явлением» (Н.А.Кудряшов, 1997).

**552) Аналогия Мартина Крускала и Нормана Забуски.** М.Крускал и Н.Забуски (1965) сформулировали идею о том, что уединенная волна Рассела является частицей, когда заметили следующее сходство (аналогию): две уединенные волны при столкновении отскакивают друг от друга точно так же, как это делают частицы или, например, теннисные мячи. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) указывает: «...Когда в 1965 г. американские ученые М.Крускал и Н.Забуски, изучая явления столкновений уединенных волн с помощью электронной вычислительной машины, ясно увидели, что уединенные волны во многом подобны частицам, они немедленно убрали слово «волна», а из «уединенной» (solitary) составили термин «солитон», созвучный электрону, протону и другим названиям элементарных частиц» (Филиппов, 1990, с.53).

**553) Аналогия Роальда Сагдеева.** Р.З.Сагдеев (1958) высказал предположение о возможном распространении уединенных волн (солитонов) в плазме по аналогии с распространением уединенных волн (солитонов) на поверхности воды. Говоря о нелинейном уравнении Кортевега-де Фриса (КдФ), которое впервые было открыто в 1895 году и описывает уединенные волны, открытые Скоттом Расселом, А.Т.Филиппов отмечает: «Забуски и Крускал обнаружили, что такая нелинейность хорошо описывает нелинейные взаимодействия атомов в решетке. Еще раньше, в 1958 г., советский физик Р.З.Сагдеев подметил аналогию между некоторыми волнами в плазме и волнами на мелкой воде и показал, что в плазме также могут распространяться уединенные волны. Плазмой в это время уже занимались многие физики, и это наблюдение не осталось незамеченным. Вскоре удалось показать, что эти волны в плазме также можно описывать с помощью КдФ-уравнения. Это решило судьбу КдФ-уравнения, которое было извлечено из забвения и стало известно широкому кругу физиков и математиков» (Филиппов, 1990, с.217). Об этом же пишет А.С.Давыдов в статье «Солитоны в квазиодномерных молекулярных структурах» (УФН, 1982, том 138, выпуск 4): «Значительно усилился интерес к солитонам в последние десятилетия в связи с исследованиями по физике плазмы. В 1958 г. Сагдеев показал, что в плазме, находящейся в сильном магнитном поле, могут распространяться солитоны, аналогичные солитонам на поверхности воды» (Давыдов, 1982, с.604).

**554) Аналогия Тони Хилтона Скирма.** Известный английский физик Тони Хилтон Скирм (1961, 1962) построил модель барионов как топологических солитонов в результате переноса по аналогии в модель барионов идей и методов алгебраической топологии и концепции солитонов. Основанием для переноса в указанную область топологических идей послужило изучение работ У.Томсона (лорда Кельвина), который одним из первых привлек топологические представления для объяснения ряда свойств молекул и атомов. Основанием же для переноса Скирмом в модель барионов концепции солитонов была опора на гипотезу того же лорда Кельвина о том, что атом представляет собой подобие гидродинамического вихря. В.Г.Маханьков, Ю.П.Рыбаков и В.И.Санюк в статье «Модель Скирма и сильные взаимодействия» (УФН, 1992, февраль) пишут: «...Скирм считал мало пригодным рассмотрение точечных частиц, а теорию перенормировок – временной и вынужденной уступкой, позволяющей нам оставаться в неведении об истинном характере процессов на малых расстояниях. Описание же частиц как протяженных объектов, как известно, возможно лишь в рамках нелинейных теорий поля. По-видимому, решающую роль в реализации перечисленных выше идей сыграло для Скирма обращение к трудам У.Томсона (лорда Кельвина) по вихревой модели атомов. Напомним, что Кельвин вслед за Г.Гельмгольцем рассматривал атомы как вихревые кольца в эфире, заполняющем Вселенную и обладающем свойством идеальной жидкости. Он одним из первых привлек топологические соображения, объясняя различия между атомами разным числом узлов у замкнутых вихревых линий. Существует даже мнение, что Кельвин был первым, кто пытался построить солитонную (по нынешним представлениям) теорию частиц» (Маханьков, Рыбаков, Санюк, УФН, 1992, с.3-4). Говоря о целях своей обзорной статьи, В.Г.Маханьков, Ю.П.Рыбаков и В.И.Санюк вновь

подчеркивают указанную аналогию Скирма: «Одной из задач, которую мы ставили перед собой при написании обзора, была наглядная демонстрация эффективности топологических методов в изучении существенно нелинейных явлений. Модель Скирма является яркой иллюстрацией этого нового направления в теоретической физике, которое эволюционировало от гидродинамических представлений Гельмгольца-Кельвина конца прошлого столетия до современных моделей частиц и ядерной материи» (там же, с.57).

**555) Аналогия Тзундао Ли.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1957 год Тзундао Ли (1975) независимо от Т.Х.Скирма разработал солитонную модель адронов – элементарных частиц, участвующих в сильном взаимодействии, по аналогии с солитонными моделями других физических процессов. Другими словами, Т.Ли предположил, что адроны могут представлять собой уединенные волны, по аналогии с уединенными волнами на воде, в плазме и т.д. А.Пайс в книге «Гении науки» (2002) констатирует: «В 1975 году Ли начал серию исследований задач по солитонам и их применения к моделям адронов, было показано, что они могут воспроизводить модель мешка для адронов. В 1986-1992 годах в этой работе появился новый поворот после создания Ли поля нетопологических солитонов, применимого к звездным объектам. Это привело к новым возможностям выбора для космологических моделей» (Пайс, 2002, с.229).

**556) Аналогия Кеннета Вильсона.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1982 год Кеннет Вильсон (1971) открыл новые пути для развития теории фазовых переходов в спиновых системах на решетке, когда по аналогии перенес в эту теорию метод ренормализационной группы, ранее применявшийся в релятивистской квантовой теории поля. Д.В.Ширков в статье «Ренормгруппа Боголюбова» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) пишет о том, что указанный перенос К.Вильсон совершил как раз в тот период, когда другие ученые (1971) применили метод ренормгруппы в квантовой теории неабелевых калибровочных полей. Интересно отметить, что именно в этой теории было открыто знаменитое явление асимптотической свободы (неспособность кварков вылетать из адронов). «Как раз в это же время, - повествует Д.В.Ширков, - Вильсону удалось [27] перенести философию ренормгруппы из релятивистской квантовой теории поля в другую область современной теоретической физики, а именно в теорию фазовых переходов в спиновых системах на решетке. Эта новая версия ренормгруппы основывалась на идее Каданова [28] о блочном объединении нескольких близлежащих спинов с одновременной заменой (перенормировкой) константы связи. Для осуществления этой идеи необходимо произвести усреднение спинов в каждом блоке. Такая операция, уменьшая число степеней свободы и упрощая рассматриваемую систему, при надлежащей перенормировке константы связи сохраняет в то же время все ее свойства, относящиеся к большим расстояниям» (Ширков, 1994, с.157). Об этом же пишет А.И.Соколов в статье «Критические флуктуации и ренормализационная группа» («Соросовский образовательный журнал», 2000, № 12): «Радикальным прогрессом, достигнутым в последние десятилетия, теория фазовых переходов в большой мере обязана методу ренормализационной группы. Этот метод, зародившийся первоначально в квантовой теории поля, был затем искусно адаптирован для решения задач статистической физики и физики конденсированных сред, где показал свою исключительную эффективность» (А.И.Соколов, 2000).

**557) Аналогия Анатолия Ларкина.** Известный российский ученый А.Ларкин (1961) независимо от американского физика Е.Намбу ввел в теорию элементарных частиц понятие спонтанного нарушения симметрии и вывел в данной теории ряд важных математических уравнений по аналогии с понятиями и уравнениями теории сверхпроводимости Бардина, Купера и Шриффера. Ларкин, как и Намбу, также руководствовался аналогией с феноменологической теорией сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Таким образом, А.И.Ларкин разделяет с лауреатом Нобелевской премии по физике за 2008 год Е.Намбу честь

введения в теорию элементарных частиц понятия спонтанного нарушения симметрии. В статье «Ларкин Анатолий Иванович» (электронная энциклопедия «Википедия») указывается: «В теории элементарных частиц на основе аналогии с теорией сверхпроводимости построил модель возникновения массы фермионов как результат спонтанного нарушения киральной симметрии (модель Вакса-Ларкина-Намбу-Иона-Лазинио)». Д.Дьяконов в статье «Смешивание кварков и загадочная масса протонов» (газета «Полит Ру», 3 декабря 2008 г.) пишет о том, что кроме Намбу понятие спонтанного нарушения симметрии, заимствованное из теории сверхпроводимости, было введено в теорию элементарных частиц Ларкиным и Ваксом: «Интересно отметить, что в том же 1961 году ту же самую идею и даже то же воплощение опубликовали советские физики Валентин Григорьевич Вакс (род.1932) и Анатолий Иванович Ларкин (1932-2005) в статье под названием «О применении методов сверхпроводимости к вопросу о массе элементарных частиц» (Д.Дьяконов, 2008).

**558) Аналогия А.И.Ларкина и Д.Е.Хмельницкого.** Ученик А.Б.Мигдала А.И.Ларкин совместно с Д.Е.Хмельницким (1969) применили метод ренормализационной группы в теории твердого тела по аналогии с тем, как М.Гелл-Манн, Ф.Лоу, Н.Н.Боголюбов и другие ученые применили метод ренормализационной группы в квантовой теории поля. Кеннет Вильсон в своей Нобелевской лекции «Ренормализационная группа и критические явления» (журнал «Успехи физических наук», 1983, октябрь) указывает: «Ларкин и Хмельницкий применили теоретико-полевую ренормгруппу Гелл-Манна и Лоу к критическим явлениям в четырех измерениях и к особому случаю одноосного ферромагнетика в трех измерениях, в обоих случаях получив логарифмические поправки к теории Ландау» (Вильсон, 1983, с.210). Об этом же пишут А.А.Абрикосов, Б.Л.Альтшулер, В.Г.Вакс и другие в статье «Памяти Анатолия Ивановича Ларкина» (журнал «Успехи физических наук», 2005, сентябрь): «В 1969 г. А.И.Ларкин совместно с Д.Е.Хмельницким опубликовал работу по теории одноосных сегнетоэлектриков. В этой работе впервые в теории конденсированного состояния был применен метод ренормализационной группы. Сейчас этот метод является одним из основных инструментов теоретической физики. Эта работа сыграла важную роль в создании теории критических явлений» (Абрикосов, Альтшулер, Вакс, УФН, 2005, с.1012).

**559) Аналогия Дэвида Политцера (Полицера), Дэвида Гросса и Франка Вильчека (Вилчека).** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 2004 год Д.Политцер, Д.Гросс и Ф.Вильчек (1973) разработали математический аппарат теории асимптотической свободы, согласно которой взаимодействие кварков на больших расстояниях увеличивается, когда по аналогии перенесли в данную теорию метод ренормгруппы Гелл-Манна-Лоу-Боголюбова. Таким образом, указанные физики осуществили перенос метода ренормгруппы из квантовой теории поля в квантовую хромодинамику (теорию кварков и ядерных сил). Конечно, это была не единственная посылка новой теории, но она имела существенное значение. Кеннет Вильсон в своей Нобелевской премии «Ренормализационная группа и критические явления» (журнал «Успехи физических наук», 1983, октябрь) констатирует: «Ренормгруппа сыграла решающую роль в развитии квантовой хромодинамики – современной теории кварков и ядерных сил. Исходная теория Гелл-Манна-Лоу и ее вариант Калана и Симанзика были использованы Политцером, Гроссом и Вилчеком для доказательства того, что неабелевы калибровочные теории асимптотически свободны. Это означает, что константы связи на малых расстояниях малы, но возрастают с ростом пространственного масштаба» (Вильсон, 1983, с.214). Об этом же переносе Политцера, Гросса и Вилчека пишут В.Нестеренко и А.Сорин в статье «Асимптотическая свобода – триумф квантовой теории поля» (еженедельник ОИЯИ «Дубна», № 40, 2004). Реконструируя путь открытия асимптотической свободы, они указывают: «Теперь мы уже вплотную подошли к открытию асимптотической свободы, все необходимое для этого было создано к началу 70-х годов: сформулирована неабелева калибровочная теория, эта теория была проквантована, доказана ее перенормируемость (Г.Т.Хоофт, 1971 г.), можно было развивать теорию возмущений и

строить диаграммы Фейнмана. Осталось только задаться целью исследовать поведение инвариантного заряда в этой теории. Вот это и было сделано Д.Гроссом, Ф.Вильчеком и независимо Д.Политцером в 1973 году. Какой метод использовать при решении этой задачи, было почти очевидно, конечно же – метод ренормгруппы. Технически потребовалось рассчитать несколько диаграмм Фейнмана, точнее, найти их асимптотику и решить ренормгрупповое уравнение (это дифференциальное уравнение в обычных производных)» (В.Нестеренко, А.Сорин, 2004).

**560) Аналогия Макото Кобаяши и Тошихиде Маскавы.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 2008 год М.Кобаяши и Т.Маскава (1973) разработали теорию смешивания кварков для семейства, состоящего из трех кварков, по аналогии с теорией смешивания кварков Никола Каббибо, которую он построил для семейства из двух кварков. Матрица смешивания кварков Кобаяши-Маскавы является аналогом матрицы смешивания Каббибо. Дмитрий Дьяконов в статье «Смешивание кварков и загадочная масса протонов» (газета «Полит. Ру», 03.12.2008 г.) констатирует: «В 1973 г. Кобаяши и Маскава обобщили теорию смешивания кварков Каббибо на случай, когда смешиваются не два, а три кварка  $d$ ,  $s$  и  $b$  (экспериментально открыт позднее). Они предложили четыре варианта смешивания, и позже оказалось, что один из этих вариантов реализуется в природе» (Д.Дьяконов, 2008). Об этом же пишут Б.С.Ишханов и Э.И.Кэбин в книге «Физика ядра и частиц, XX век» (2000): «В 1973 году М.Кобаяши и Т.Маскава обобщили подход Каббибо на шестикварковую схему» (Б.С.Ишханов, Э.И.Кэбин, 2000). Д.Дьяконов в той же статье полагает, что Нобелевскую премию можно было дать и итальянскому физика Никола Каббибо за теорию смешивания кварков, но третим призером оказалась американский физик И.Намбу, который ввел в теорию элементарных частиц понятие спонтанного нарушения симметрии по аналогии с эквивалентным понятием из теории сверхпроводимости. «...Можно было бы подумать о том, - указывает Д.Дьяконов, - чтобы дать Нобелевскую премию и Каббибо, который первым сказал о смешивании, - если б не чувствовалась необходимость дать ее Намбу за совсем другую работу. По положению, одну Нобелевскую премию могут разделить не более трех человек» (Д.Дьяконов, 2008).

**561) Аналогия Бориса Захарчени.** Б.П.Захарченя (1970-е годы) пришел к выводу о возможном изменении оптической ориентации электронных и ядерных спинов в полупроводниках под действием циркулярно-поляризованного света, базируясь на аналогии между магнитным полем и циркулярно-поляризованным светом. Б.П.Захарчене было известно, что под действием магнитного поля происходит изменение ориентации электронных и ядерных спинов. Е.Б.Александров, Ж.И.Алферов и другие в статье «Памяти Бориса Петровича Захарчени» (УФН, 2006, август) указывают: «Следующий этап творческой деятельности Захарчени относится к 1970-м годам. Основываясь на идее о симметричной аналогии магнитного поля и циркулярно-поляризованного света и на результатах, полученных в атомной спектроскопии, Захарченя инициировал и возглавил экспериментальные исследования оптической ориентации электронных и ядерных спинов в полупроводниках под действием циркулярно-поляризованного света» (Александров, Алферов, с.907).

**562) Аналогия Юрия Райзера.** Ю.П.Райзер внес вклад в разработку теории, описывающей процесс распространения разрядов при выделении энергии в плазме, благодаря обнаружению аналогии между этим процессом и механизмом горения при выделении в веществе химической энергии. Ю.П.Райзер в статье «Распространение разрядов и поддержание плотной плазмы электромагнитными полями» (УФН, 1972, ноябрь) указывает: «Существует глубокая аналогия между процессами распространения разрядов при выделении в плазме энергии поля и горением, связанным с выделением в веществе химической энергии. Именно обращение к идеям и методам теории горения и детонации (смотри книги Зельдовича и

Ландау и Лифшица) помогло усмотреть и понять некоторые важные особенности эффектов распространения разрядов и стимулировало теоретическое изучение соответствующих разрядных явлений» (Райзер, УФН, 1972, с.430). Эту аналогию (аналогию между распространением разряда и медленным горением) развивали также Евгений Велихов и Александр Дыхне. Ю.П.Райзер в той же статье пишет: «По-видимому, впервые мысль о сходстве процесса теплопроводного распространения разряда с медленным горением была высказана Велиховым и Дыхне, которые рассматривали волну ионизации в постоянном электрическом поле, распространяющуюся за счет электронной теплопроводности. Затем аналогия была подробно прослежена в работе автора (Ю.П.Райзера – Н.Н.Б.) при изучении высокочастотного разряда в потоке газа» (там же, с.435).

**563) Аналогия Юрия Райзера.** Ю.П.Райзер пришел к идее о создании оптического плазмотрона, в котором плазма возникает благодаря воздействию на газ лазерного излучения, по аналогии с электромагнитным плазмотроном, в котором плазма образуется в результате воздействия на газ высокочастотного излучения. В.Черникова в статье «Луч, сжигающий себя» (журнал «Химия и жизнь», 1972, № 1) пишет: «...Руководителя отдела, лауреата Ленинской премии, доктора физико-математических наук Ю.П.Райзера все больше интересовал сам процесс превращения холодного газа в плазму. Он подметил глубокую физическую и математическую аналогию между образованием плазмы в плазмотроне и процессами обычного горения. Опираясь на уже существующую теорию горения, Райзер вывел закономерности, которые описывали поведение разряда, очень напоминающее поведение пламени во всем известной газовой горелке. Эти наблюдения были ценны тем, что появлялась возможность управлять мощными генераторами плазмы, опираясь на теорию протекающих в них процессов. И это же понимание физического смысла явлений в разряде привело, в конце концов, к совершенно новой идее. Райзер рассудил так. Плазменный разряд можно питать токами низкой частоты, высокой, сверхвысокой. Так почему не сделать еще один логический шаг к еще более высокой частоте и не попробовать волны оптического диапазона? Ведь энергию, которой питается разряд, можно транспортировать от генератора с помощью простого луча света!» (В.Черникова, 1972).

**564) Аналогия Михаила Незлина.** М.В.Незлин (1976) выдвинул гипотезу о возможности трактовать неустойчивость волны с отрицательной энергией в плазме как индуцированный аномальный эффект Допплера, когда обратил внимание на аналогию между двумя этими явлениями. М.В.Незлин в статье «Волны с отрицательной энергией и аномальный эффект Допплера» (УФН, 1976, ноябрь) пишет: «В этой статье, как видно из ее заглавия, речь идет о двух красивых физических явлениях. Оба они давно открыты и имеют достаточно большую «сферу действия» в общей физике, физике плазмы и электронике. До сих пор эти явления рассматривались независимо. Автор обратил внимание на то, что между раскачкой волн с отрицательной энергией (в средах с пучками заряженных частиц) и аномальным эффектом Допплера существует глубокая физическая аналогия. Намерение показать эту аналогию – на примерах электронного пучка в плазме и структурах электроники СВЧ – и составляет цель данной статьи, большая часть которой имеет, естественно, реферативный характер» (Незлин, УФН, 1976, с.481). Говоря о массиве фактов, раскрывающих сходство рассматриваемых М.В.Незлиным явлений, он замечает: «Такая совокупность фактов позволяет со всей определенностью заключить, что между неустойчивостью «пучковой» волны с отрицательной энергией в среде с положительной энергией и аномальным эффектом Допплера существует прямая физическая аналогия. Различие между этими явлениями состоит в том, что аномальный эффект Допплера (в рассмотренном выше виде) – это процесс элементарный, а неустойчивость – процесс коллективный; в частности, внутренняя энергия системы в случае (3.5) есть вращательная энергия одной частицы, а в случае (1.8) – колебательная энергия коллектива частиц пучка. Но неустойчивость как раз и возникает в результате того, что один элементарный акт индуцирует последующие. Поэтому рассматриваемую неустойчивость

волны с отрицательной энергией можно трактовать как индуцированный аномальный эффект Допплера» (там же, с.492).

**565) Аналогия Михаила Незлина.** М.В.Незлин (1986) сформулировал идею о существовании дрейфовых солитонов в замагниченной электронной плазме по аналогии с существованием гидродинамических дрейфовых солитонов Россби, обнаруженных на вращающейся мелкой воде с помощью установки «Спираль». М.В.Незлин в статье «Солитоны Россби» (УФН, 1986, сентябрь) отмечает: «Существует глубокая аналогия между волнами Россби и так называемыми дрейфовыми (градиентными) волнами в плазме, удерживаемой от поперечного расплывания сильным продольным магнитным полем. В случае дрейфовых волн роль, аналогичную силе Кориолиса, играет сила Лоренца. И так же, как волны Россби возникают вследствие поперечной (к направлению локальной угловой скорости системы) неоднородности параметра Кориолиса или глубины жидкости, дрейфовые волны возникают вследствие поперечной (к магнитному полю) неоднородности температуры электронов или плотности плазмы» (Незлин, 1986, с.10). «Согласно сказанному понятно, - аргументирует М.В.Незлин, - что и дисперсионное уравнение для дрейфовых волн оказывается аналогичным уравнению для волн Россби. Указанная аналогия между двумя типами волн в столь различных средах, по воспоминаниям А.М.Обухова, впервые была замечена М.А.Леонтовичем около 20 лет тому назад и далее рассматривалась другими авторами. Из нее следует, что аналогично гидродинамическим дрейфовым солитонам Россби, наблюдаемым в эксперименте, можно ожидать существования дрейфовых солитонов в замагниченной плазме» (там же, с.11).

**566) Аналогия Владимира Петвиашвили.** Советский физик В.И.Петвиашвили (1980) получил ряд важных результатов в теории электронной и ядерной плазмы, когда обратил внимание на аналогию между уравнением Хасегавы-Мима, описывающим нелинейные дрейфовые волны в замагниченной плазме, и уравнением баротропной завихренности, которое описывает вихревые течения в атмосфере и океане. До В.И.Петвиашвили эту аналогию обнаружил японский физик А.Хасегава. Р.М.Сингатулин в диссертации «Численное исследование динамики вихревых структур в сплошных средах, включая плазму» (2004) пишет: «С начала 80-х годов когерентные вихри стали объектом усиленного изучения как в физике плазмы, так и в динамике геофизических непрерывных сред. Эти исследования были стимулированы открытием в 1979 г. Хасегавой и др. аналогии между уравнением Хасегавы-Мима, описывающим нелинейные дрейфовые волны (вихри) в замагниченной плазме, и уравнением баротропной завихренности, которое в течение длительного времени использовалось для описания крупномасштабных вихревых течений в атмосфере и океане. В 1980 году В.И.Петвиашвили обобщил уравнение Хасегавы-Мима с учетом эффектов возмущения среды большой амплитуды в случае геофизических объектов и градиентов электронной температуры – в случае плазмы. При этом было установлено, что уравнения вихревого движения в атмосфере и плазме сводятся к одному уравнению, имеющему решение в виде двумерных круговых вихрей – антициклонов, перемещающихся в западном направлении, или солитонов-антициклонов, размер которых больше характерного размера дисперсии. Уникальность решения Петвиашвили заключается в том, что оно описывает плавный переход солитонов в вихри. Работа В.И.Петвиашвили стимулировала многих исследователей к изучению стационарно распространяющихся монополярных вихрей как в динамике геофизических сред, так и в физике плазмы» (Р.М.Сингатулин, 2004). Об аналогии между дрейфовыми волнами в плазме и волнами Россби в атмосфере пишут многие ученые. Например, О.Г.Онищенко, О.А.Похотелов и Н.М.Астафьева в статье «Генерация крупномасштабных вихрей и зональных ветров в атмосферах планет» (УФН, 2008, июнь) отмечают: «Движение вещества в волнах Россби аналогично движению ионов в дрейфовых волнах плазмы. Аналогия между волнами Россби и дрейфовыми волнами, основанная на подобии силы Кориолиса во вращающейся среде и силы Лоренца в замагниченной плазме,

служит предпосылкой для обмена идейными и методическими достижениями. В замагниченной плазме сила Лоренца играет такую же роль, как и сила Кориолиса в волнах Россби. Вихри волн Россби и зональные ветры, наблюдаемые в атмосфере, можно рассматривать как модели волновых процессов в замагниченной плазме и наоборот» (Онищенко, Похотелов, Астафьева, 2008, с.606).

**567) Аналогия Гургена Аскарьяна.** Российский физик Гурген Аскарьян (1967) пришел к идее о самофокусировке звуковых волн по аналогии со своей же идеей о самофокусировке света. Б.М.Болотовский в статье «Роскошь общения с Гургеном Аскарьяном» (журнал «Природа», 2000, № 2) разъясняет, что сделал Г.Аскарьян после того, как теоретически рассмотрел возможный эффект самофокусировки света: «Аскарьян рассмотрел также прохождение мощных звуковых пучков через среду и показал, что сильный звук меняет свойства среды, через которую проходит, и меняет таким образом, что и для пучка звуковых волн может возникнуть явление самофокусировки. Нелинейная акустика обогатилась новым красивым эффектом, одинаково важным для понимания тех особенностей, которые характерны для нелинейных процессов, и для приложений. Исследования Гургена Ашотовича далеко продвинули вперед еще одну главу нелинейной физики. В его работах с соавторами были заложены основы светоакустики, во многом определяющие ее нынешнее состояние и дальнейшее развитие» (Б.М.Болотовский, 2000). Об этом же пишет Е.Кнорре в статье «Фантастика, ставшая явью» («Альманах научной фантастики», Москва, «Знание», 1967): «Совсем недавно Аскарьян теоретически доказал, что эффект самофокусировки свойствен не только электромагнитному полю, различным световым и радиоизлучениям, но также может наблюдаться у ультра- и гиперзвуковых волн, возбуждаемых мощными лучами лазеров в плотных средах. Это происходит из-за нагрева среды в самом звуковом луче» (Е.Кнорре, 1967).

**568) Аналогия Гургена Аскарьяна.** Российский физик, первооткрыватель явления самофокусировки света Гурген Аскарьян (1977) выдвинул гипотезу о возможности регистрации нейтрино высоких энергий в толще океанской воды по звуковым волнам, которые нейтрино должны испускать, руководствуясь аналогией. В частности, Г.Аскарьян рассуждал по аналогии со своей предыдущей работой (1957), в которой он показал, что быстрые заряженные частицы в конденсированной среде должны возбуждать звуковые волны. Б.М.Болотовский в статье «Роскошь общения с Гургеном Аскарьяном» (журнал «Природа», 2000, № 2) пишет: «В 1957 г. Гурген опубликовал работу, посвященную взаимодействию быстрых частиц с веществом. Она содержала рассмотрение нового эффекта и основанного на этом эффекте нового способа регистрации быстрых заряженных частиц. Исследования Аскарьяна, связанные с возбуждением звуковых волн в конденсированной среде (в стабильной конденсированной среде – не перегретой, не переохлажденной, далекой от всех возможных фазовых переходов), получили важные применения в физике высоких энергий. Спустя 20 лет Аскарьян и Б.А.Долгошеин в совместной статье предложили регистрировать нейтрино высоких энергий в толще океанской воды с помощью приемников звука – гидрофонов. Акустическая регистрация удобна тем, что датчик регистрирует звук, порожденный в довольно большом объеме окружающего пространства» (Б.М.Болотовский, 2000).

**569) Аналогия Ильи Михайловича Лифшица.** Брат Е.М.Лифшица И.М.Лифшиц (1979) разработал статистическую теорию полимеров, руководствуясь аналогией, существующей между этой теорией и концепцией броуновского движения (теорией случайных блужданий). Позже И.М.Лифшиц перенес теорию случайных блужданий в область описания перехода ДНК из спиральной формы в форму компактного клубка. И.М.Лифшиц, А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов в статье «Объемные взаимодействия в статистической физике полимерной макромолекулы» (УФН, 1979, март) пишут: «...Блуждание полимерной цепи в пространстве

можно представить как простой марковский процесс, и макроскопические характеристики этой цепи можно вычислить с помощью обычных методов, применяемых при описании, например, одномерной модели Изинга или броуновского движения частицы... В частности, в аналогии полимерная цепь – броуновская частица расстояние от начала вдоль цепи играет роль времени, а персистентная длина – роль коэффициента диффузии» (там же, с.355). Об этом же пишет А.Ю.Гросберг в статье «Неупорядоченные полимеры» (журнал «Успехи физических наук», 1997, том 167, № 2): «Очень плодотворная техника изучения последовательностей состоит в том, чтобы отображать их на траектории соответствующих случайных блужданий. Насколько известно автору, эта идея впервые была предложена И.М.Лифшицем в контексте теории перехода спираль – клубок в ДНК» (Гросберг, 1997, с.162). Аналогия И.М.Лифшица описывается также в книге А.Ю.Гросберга и А.Р.Хохлова «Статистическая физика макромолекул» (1989): «Буквальная аналогия конформаций идеального полимера с траекториями тех или иных случайных блужданий может быть положена в основу математического аппарата конформационной статистики» (Гросберг, Хохлов, 1989, с.41).

**570) Аналогия Пьера Жилиа де Жена.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1991 год, один из отцов жидкокристаллических компьютерных дисплеев, Пьер де Жен разработал теорию превращений жидких кристаллов из одного состояния в другое по аналогии с теорией фазовых переходов Ландау, а также по аналогии с феноменологической теорией сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. В энциклопедии «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) подчеркивается: «Основываясь на работах Л.Ландау, де Жен тогда развил теорию фазовых переходов в различных типах жидких кристаллов. Сегодня эти вещества находят массовое применение в системах отображения информации – в часах, микрокалькуляторах, плоских телевизионных экранах. Поэтому исследования де Жена и его группы, помимо чисто научного, имели важное прикладное значение. (...) Он выявил прямую аналогию между изменением вида жидких кристаллов и фазовым переходом металла в сверхпроводящее состояние. Характерная черта подхода де Жена к научным проблемам – четкая постановка физической задачи и изящное использование математического аппарата для ее решения» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992). В своей Нобелевской лекции «Мягкие вещества», представленной в журнале «Успехи физических наук» (1992) де Жен говорит об аналогии между сверхпроводниками и разновидностью жидких кристаллов, называемых смектиками: «Другая удивительная аналогия существует между смектиками и сверхпроводниками. Она была обнаружена одновременно покойным У.Мак-Милланом (ушедшим от нас большим ученым) и мной. Позднее эта аналогия была мастерски развита Т.Любенски и его коллегами» (де Жен, 1992, с.131). В книге «Физика жидких кристаллов» (1977) де Жен считает обоснованным проводить подобные аналогии: «С другой стороны, что теоретик может и должен систематически делать, - это проводить сравнение с другими областями. В данном контексте часто оказывается полезным, и будет проводиться сравнение с магнитными системами. Весьма поучительно также сравнение так называемых смектических фаз со сверхтекучим гелием 2 и сверхпроводниками. Это, однако, требует некоторого знакомства с физикой низких температур, что не хотелось бы вводить в качестве обязательного условия, и поэтому ссылки на сверхтекучие жидкости сделаны короткими» (П.де Жен, 1977, с.9). Помимо аналогии с теорией сверхпроводимости, де Жен опирался также на аналогию с теорией сверхтекучести гелия. В книге «Физика жидких кристаллов» (1977), говоря о такой разновидности жидких кристаллов, как смектики, де Жен пишет: «С точки зрения статистической механики смектические фазы дают нам целый класс критических явлений, куда могут быть перенесены (и заново проверены) идеи, развитые для более простых систем (ферромагнетиков, сверхтекучих жидкостей и т.д.)» (там же, с.377). Анализируя переход смектика из одного состояния в другое, де Жен подчеркивает: «Это приводит к замечательной аналогии со сверхтекучим гелием. В гелии происходит явление, известное как бозе-

конденсация. Макроскопическое число атомов гелия занимает одно квантовое состояние, описываемое волновой функцией  $\Psi(r)$ » (там же, с.378).

**571) Аналогия Пьера Жилия де Жена.** Пьер Жиль де Жен (1974) использовал идею градиентного разложения Гинзбурга-Ландау в теории сверхтекучести изотопа гелия с массой 3 по аналогии с применением этого градиентного разложения в теории жидких кристаллов. С другой стороны, де Жен перенес в теорию жидких кристаллов это градиентное разложение из теории Гинзбурга-Ландау, описывающей сверхтекучесть гелия с массой 4. Д.Д.Ошерофф в своей Нобелевской лекции «Сверхтекучесть в  $He^3$ : открытие и понимание» (УФН, 1997, декабрь) пишет о том, как де Жен экстраполировал на АБМ-состояние жидкого гелия с массой 3: «К 1974 г. Пьер де Жен уже описал, как можно перенести идею градиентного разложения Гинзбурга-Ландау с жидких кристаллов на АБМ-состояние, чтобы описать текстуры, подобные жидкокристаллическим, в А-фазе» (Ошерофф, УФН, 1997, с.1336). Безусловно, основанием для такого переноса послужило сходство текстур, возникающих в жидком гелии с массой 3 и в жидких кристаллах, изучению которых де Жен посвятил много лет. Отметим, что АБМ-состояние – это состояние образования куперовских пар в гелии с массой 3, теоретически предсказанное Андерсоном-Бринкманном-Морелом. Не подлежит сомнению, что что Пьер де Жен описал термодинамические характеристики вблизи критической точки фазового перехода жидкого кристалла из нематической фазы в фазу А по аналогии с описанием термодинамических характеристик вблизи критической точки фазового перехода нормального гелия в сверхтекучее состояние. Упоминание об этой аналогии де Жена содержится также в статье С.А.Пикина и В.Л.Инденбома «Термодинамические состояния и симметрия жидких кристаллов» (УФН, 1978, июнь).

**572) Аналогия Пьера Жилия де Жена.** Пьер Жиль де Жен (1972) построил теорию полимерных систем по аналогии с теорией фазовых переходов 2-го рода. Другими словами, де Жен использовал в теории полимеров те же идеи и методы теории фазовых переходов, которые он применил при рассмотрении жидких кристаллов. И.М.Лифшиц в предисловии к книге де Жена «Идеи скейлинга в физике полимеров» (1982) пишет об этой книге: «Она посвящена физике полимеров – области науки, особенно бурно развивающейся в последние годы. Одна из важнейших причин (и один из важнейших результатов) этого развития – открытие и осознание глубокой аналогии между свойствами полимерных систем, с одной стороны, и систем, флуктуирующих вблизи точек фазовых переходов второго рода или критических точек, - с другой. В основе современной теории фазовых переходов лежит подход, базирующийся на так называемой гипотезе скейлинга, или масштабной инвариантности. Этот же подход удалось применить и к задачам физики полимеров» (Лифшиц, 1982, с.5). Сам Пьер де Жен, перечисляя этапы развития физики полимеров, в указанной книге отмечает: «Третий этап развития новых теоретических методов связан с открытием связи между статистикой полимеров и задачами теории фазовых переходов второго рода. Это открытие позволило науке о полимерах использовать большой объем знаний, накопленных в теории критических явлений; было открыто множество замечательных по своей простоте скейлинговых свойств» (де Жен, 1982, с.11). «Что касается более существенных вопросов, - поясняет де Жен использованные им аналогии, - то здесь я склонен систематически проводить сравнение с другими областями науки: как впервые показал Эдвардс, задача об одиночной цепи во внешнем поле связана с задачей о квантовой частице; существует глубокая аналогия между статистикой полимеров и фазовыми переходами; проблема гелеобразования связана с общей концепцией перколяции и т.д. Я старался объяснить некоторые из этих аналогий, не предполагая у читателя предварительного знакомства с квантовой механикой и теорией критических явлений...» (там же, с.13).

**573) Аналогия Пьера Жилия де Жена.** Пьер Жиль де Жен (1972) открыл новые пути для развития теории полимеров, когда по аналогии перенес в нее некоторые результаты теории

магнетиков. Другими словами, де Жен обнаружил аналогию между свойствами полимерных систем (макромолекулами) и свойствами магнетиков, находящихся вблизи точки фазового перехода второго рода. Г.М.Бартенев и С.Я.Френкель в книге «Физика полимеров» (1990) пишут: «...Мы уже отмечали, что статистические клубки, в которых макромолекулы сворачиваются в растворе, являются сильно флуктуирующими пространственно неоднородными системами. Это их фундаментальное свойство позволило Де Жену в 1972 г. установить аналогию «полимерный клубок - магнетик» [7]. Было доказано, что статистические свойства полимерного клубка в пределе бесконечной степени полимеризации в точности отвечают статистическим свойствам магнетика вблизи точки фазового перехода второго рода, если число компонент спина в магнетике устремить к нулю... Благодаря этой аналогии оказалось возможным применить для описания поведения полимерных клубков аппарат теории магнетиков, а поскольку к этому времени уже было выяснено, что поведение всех систем вблизи точки фазового перехода второго рода (критической точки) подчиняется гипотезе подобия (скейлинга), то, соответственно, и поведение полимерных клубков достаточно большой молекулярной массы стало естественным анализировать, используя скейлинговый подход» (Бартенев, Френкель, 1990, с.117). Об этой же аналогии де Жена говорят А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов в книге «Статистическая физика макромолекул» (1989): «Полимерный раствор малой концентрации в хорошем растворителе есть сильно флуктуирующая система; в этом отношении существует качественная и количественная аналогия полимеров с другими системами с развитыми флуктуациями – например, магнетиками вблизи точек фазовых переходов второго рода...» (Гросберг, Хохлов, 1989, с.112). Далее они поясняют: «Количественная формулировка аналогии «полимер - магнетик» позволяет непосредственно использовать в физике полимеров общие результаты флуктуационной теории. Такая количественная формулировка была найдена в 1972 г. П.Ж.де Жженом; он показал, что статистика одиночной длинной полимерной цепи в хорошем растворителе эквивалентна статистике магнетика вблизи точки фазового перехода второго рода в пределе, когда число компонент  $n$  элементарного магнитного момента формально устремляется к нулю ( $n \rightarrow 0$ )» (там же, с.113).

**574) Аналогия Т.Любенски.** Т.Любенски (1988) теоретически предсказал существование вихревых структур (винтовых дислокаций) в смектической фазе жидких кристаллов по аналогии с существованием вихревых структур в сверхпроводниках 2-го рода, впервые теоретически описанных лауреатом Нобелевской премии по физике за 2003 год А.А.Абрикосовым. В Нобелевской лекции «Мягкие вещества» (УФН, 1992) де Жен, имея в виду аналогию между жидкими кристаллами и сверхпроводниками, говорит: «Позднее эта аналогия была мастерски развита Т.Любенски и его коллегами. И здесь мы снова видим, как возникает новая форма вещества. Мы знали, что магнитное поле в сверхпроводниках второго рода существует в форме квантованных вихрей. Аналогом в нашем случае является смектик А, в котором мы растворили хиральные добавки, играющие роль поля. В некоторых благоприятных случаях, как предсказал в 1988 г. Любенски, это порождает смектическую фазу, пронизанную винтовыми дислокациями, - так называемую А-фазу. Она была открыта экспериментально, всего лишь год спустя, Пиндаком с соавторами – великолепное искусство» («Успехи физических наук», 1992, сентябрь, с.131). В энциклопедии «Лауреаты Нобелевской премии» (1990) констатируется, что предсказание Т.Любенски стало возможно лишь после обнаружения аналогии между жидкими кристаллами и сверхпроводниками: «Обнаруженная аналогия совсем недавно позволила предсказать еще одну особенность состояния жидкого кристалла. Если в сверхпроводнике имеется упорядоченная структура магнитных вихрей, описанная советским физиком А.Абрикосовым, то в жидком кристалле есть аналогичная решетка, построенная линейными дефектами, так называемыми дисклинациями, и так же пронизывающая его объем» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**575) Аналогия Ж.де Клуазо.** Французский ученый Ж.де Клуазо (1975) построил флуктуационную теорию полуразбавленных полимерных растворов по аналогии с теорией магнетика, находящегося во внешнем поле. А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов в книге «Статистическая физика макромолекул» (1989) пишут: «Исторически первая флуктуационная теория полуразбавленных полимерных растворов гибких цепей в атермическом растворителе была разработана Ж.де Клуазо (1975) в рамках аналогии «полимер - магнетик». Заметив, что система многих цепей аналогична магнетикю во внешнем поле, и воспользовавшись известными к тому времени результатами флуктуационной теории магнетиков, де Клуазо показал, что, например, для осмотического давления полимерного раствора имеет место следующее выражение:  $P/T = a (-d) N (-vd) \Phi (\Phi N (vd-1))$ , где  $d$  – размерность пространства,  $v$  – критический показатель корреляционного радиуса...  $\Phi$  – универсальная функция своего аргумента с асимптотиками...» (Гросберг, Хохлов, 1989, с.169). Относительно приведенной формулы скажем, что величины, взятые в скобки, обозначают степени, в которые возводятся другие величины. Об этой же аналогии де Клуазо А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов пишут и в другом месте той же книги: «В 1975 г. другой французский физик Ж.де Клуазо показал, что система многих цепей, т.е. полимерный раствор, эквивалентна 0-компонентному магнетикю во внешнем магнитном поле. (...) Эти результаты положили начало бурному развитию статистической физики полимерных клубков – ко времени их получения флуктуационная теория фазовых переходов второго рода в магнетиках была подробно разработана, и оказалось возможным перенести в физику полимеров многие результаты этой области...» (там же, с.113).

**576) Аналогия Энтони Леггетта.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2003 год Э.Леггет построил теорию сверхтекучести гелия с массой 3 по аналогии с теорией ферми-жидкости Ландау. Э.Леггет в своей Нобелевской лекции «Сверхтекучий  $He^3$ : ранняя история глазами теоретика» (УФН, 2004, ноябрь) пишет о картине вырождения жидкости, содержащейся в теории Ландау, которую Леггет использовал в своем творчестве: «В основополагающей работе Л.Д.Ландау 1956 г. было показано, что при определенных условиях такая картина остается качественно верной даже при наличии сильных межчастичных взаимодействий; такая система известна как «вырожденная ферми-жидкость». Эксперименты с жидким  $He^3$ , проводимые в пятидесятых и в начале шестидесятых годов, показали, что такая система действительно ведет себя как вырожденная ферми-жидкость при температурах ниже температуры 100 мК, вплоть до самых низких температур, достижимых в то время (около 3 мК)» (Леггет, УФН, 2004, с.1256). Детализируя аналогию между сверхтекучестью гелия с массой 3 и ферми-жидкостями Ландау, Э.Леггет констатирует: «Далее, на протяжении почти что столетия было известно, что электроны в металлах... могут при температурах  $< 20$  К иногда переходить в так называемое сверхпроводящее состояние, в котором они могут течь без видимого сопротивления; для заряженной системы это является просто аналогом сверхтекучего жидкого  $He$  с массой 4. Поскольку для жидкого  $He^3$  температура Ферми составляет всего несколько кельвинов, было бы разумно предположить, что атомы могут претерпевать аналогичный переход при температурах порядка мК; поскольку атомы являются электронейтральными, результатом этого было бы не сверхпроводимость, а сверхтекучесть, как в  $He$  с массой 4» (там же, с.1256). Э.Леггет признается, что он по аналогии распространил на область описания сверхтекучей фазы гелия с массой 3 математические выкладки Ландау для низкочастотных коллективных возбуждений ферми-жидкости. В своей Нобелевской лекции он говорит: «В дальнейшем я распространил вычисления Ландау для низкочастотных коллективных возбуждений ферми-жидкости, включая нулевой звук, на сверхтекучую фазу» (там же, с.1258). Интересно отметить, что сам Ландау разработал теорию ферми-жидкости по аналогии с теорией В.П.Силина, посвященной электронным спектрам металлов. Б.Городец в книге «Круг Ландау» (2006) пишет о теории ферми-жидкости Ландау: «По мнению некоторых физиков-теоретиков (А.А.Рухадзе и др.), провозвестником этой теории явились более ранние работы В.П.Силина по электронным

спектрам металлов. Они послужили для Л.Д.Ландау первотолчком, наведя на мысль обобщить эту теорию на жидкости. Впрочем, в статье у Л.Д.Ландау, написанной, как обычно, Е.М.Лифшицем, сделана ссылка на статьи В.П.Силина...» (Горобец, 2006, с.190).

**577) Аналогия Энтони Леггета.** Э.Леггет связал сверхтекучесть гелия с массой  $3$  с куперовским спариванием электронов за счет антипараллельных спинов подобно тому, как в теории ферромагнетизма магнитное поле ферромагнетика объясняется обменным взаимодействием, обусловленным теми же антипараллельными спинами. Эта идея существенно отличается от теории Бардина-Купера-Шриффера (БКШ), где куперовское спаривание определяется обменом фононами (квантами тепловых колебаний решетки кристалла).

**578) Аналогия Габриэле Венециано и Махико Сузуки.** Г.Венециано и М.Сузуки (1968) нашли математическую формулу, способную описать многочисленные свойства частиц, участвующих в сильном ядерном взаимодействии, по аналогии с математической формулой, выведенной в 1730 году великим математиком Л.Эйлером в чисто математических целях. Эта формула Эйлера называется бета-функцией. Б.Грин в книге «Элегантная Вселенная» (2004) указывает: «Подмеченное Венециано свойство давало мощное математическое описание многим особенностям сильного взаимодействия; оно вызвало шквал работ, в которых бета-функция и ее различные обобщения использовались для описания огромных массивов данных, накопленных при изучении столкновений частиц по всему миру» (Б.Грин, 2004). Длительное время бета-функция работала, но никто не понимал, почему. Это была формула, которая требовала объяснения. Положение дел изменилось в 1970 году, когда ряд ученых (И.Намбу, Х.Нильсен, Л.Сасскинд) показали, что при представлении элементарных частиц маленькими колеблющимися одномерными струнами сильное взаимодействие этих частиц в точности описывается с помощью функции Эйлера. Алексей Левин в статье «Струнный концерт для Вселенной» (журнал «Популярная механика», 2006, март), пишет: «Венециано и Сузуки независимо друг от друга заметили, что амплитуду парного рассеяния высокоэнергетичных пионов можно очень точно выразить с помощью малоизвестной бета-функции, которую в 1730 году придумал Леонард Эйлер. В чистом виде ее используют редко, и говорят, что черновские физики наткнулись на бета-функцию случайно, просматривая математические справочники. Это событие вызвало в физике элементарных частиц немалую сенсацию. Вскоре другие теоретики установили, что амплитуда пион-пионного рассеяния на самом деле задается разложением в бесконечный ряд, первый и основной член которого как раз и совпадает с формулой Венециано-Сузуки» (А.Левин, 2006). Находка Венециано и Сузуки представляет собой аналогию с фактором случая. Об участии фактора случая в открытии ученых пишет Василий Тарасов в статье «Музыка сфер» (журнал «Вокруг света», № 1 (2772), январь 2005): «История создания теории струн началась с чисто случайного открытия в квантовой теории, сделанного в 1968 году Дж.Венециано и М.Судзуки. Перелистывая старые труды по математике, они случайно натолкнулись на бета-функцию, описанную в XVIII веке Леонардо Эйлером. К своему удивлению, они обнаружили, что, используя эту бета-функцию, можно замечательно описать рассеяние сталкивающихся на ускорителе частиц» (В.Тарасов, 2005).

**579) Аналогия Дмитрия Волкова, В.П.Акулова, Джулио Весса и Бруно Зумино.** Д.В.Волков и В.П.Акулов (1972), а также Д.Весс и Б.Зумино (1973) ввели понятие суперсимметрии в квантовую теорию поля (в точечную модель элементарных частиц), когда обнаружили аналогию между бозонными и фермионными операторами. Л.Э.Генденштейн и И.В.Криве в статье «Суперсимметрия в квантовой механике» (УФН, 1985, том 146, выпуск 4) пишут об аналогии формул для бозонных и фермионных теорий поля: «В квантовой теории поля такая аналогия была подмечена уже давно – это аналогия

между бозонными и фермионными операторами. Бозонные операторы соответствуют непрерывным преобразованиям, а фермионные – дискретным. Формальная аналогия состоит в том, что для бозонных полей имеют место коммутационные соотношения, а для фермионных – антикоммутационные. С учетом этого различия многие формулы для бозонных и фермионных теорий поля обнаруживали удивительное сходство. Это сходство было отмечено еще при рождении квантовой механики (например, Дираком в его знаменитой книге), однако прошло почти полвека, пока Гольфанд и Лихтман, Волков и Акулов и Весс и Зумино не заметили, что это сходство позволяет объединить в одну группу (названную супергруппой) преобразования, соответствующие бозонным и фермионным операторам. Таким образом, появились первые теории поля, в которых бозоны и фермионы обрели, наконец, равноправие» (Генденштейн, Криве, 1985, с.554). Об аналогии Д.Весса и Б.Зумино пишет Б.Грин в книге «Элегантная Вселенная»: «К 1973 г. физики Джулиус Весс и Бруно Зумино осознали, что суперсимметрия – новый вид симметрии, появившийся при изменении формулировки теории струн, – применима и к теориям, основанным на точечной модели частиц. Они быстро предприняли важные шаги в направлении включения суперсимметрии в систему квантовой теории поля...» (Б.Грин, 2004).

**580) Аналогия Джона Шварца и Джоэла Шерка.** Джон Шварц и Джоэл Шерк (1974) пришли к выводу о том, что возникающие в струнной теории замкнутые кольца, которым соответствовали неизвестные науке безмассовые частицы со спином 2, являются гравитонами, исходя из следующего сходства. Они заметили, что и частицы, описываемые струнной теорией, и кванты гравитационного поля (гравитоны), теоретически предсказанные Эйнштейном, не имеют массы и характеризуются спином 2. Сходство двух разных объектов всего лишь по двум признакам натолкнуло их на рискованное предположение, что эти объекты тождественны. А.Левин в статье «Струнный концерт для Вселенной», содержащейся в журнале «Популярная механика» (2006), отмечает: «Спасение пришло с неожиданной стороны. При решении струнных уравнений появлялись замкнутые кольца, которым соответствовали неизвестные науке безмассовые частицы со спином 2. Все попытки от них избавиться ни к чему не приводили – теория попросту рассыпалась. Эти частицы безуспешно пытались обнаружить в экспериментах на ускорителях. Однако Шварц и его парижский коллега Джоэл Шерк выдвинули смелую гипотезу, которая разрешила это затруднение и представила всю теорию в совершенно новом свете. Теоретики много лет пытались найти квантовую версию общей теории относительности. Эта задача была и остается орешком особой твердости. Уравнения ОТО предсказывают существование гравитационных волн, которые при квантовании превращаются в гравитоны, переносчики силы тяготения. Практически все теоретики были согласны, что гравитонам положено обладать нулевой массой и двойным спином. И вот в 1974 году Шварц с Шерком заявили, что таинственная безмассовая частица струнной модели и есть гравитон! Отсюда следовало, что теория струн – это не метод описания сильных взаимодействий, а математический каркас для конструирования квантовой теории тяготения» (А.Левин, 2006).

**581) Аналогия Якоба Бекенштейна.** Якоб Бекенштейн (1972) высказал идею о том, что черные дыры (небесные тела, поверхность которых не может покинуть свет) обладают энтропией, по аналогии с общепризнанным вторым началом термодинамики, согласно которому энтропия мира стремится к максимуму. Я.Бекенштейн в статье «Информация в голографической Вселенной» (журнал «В мире науки», 2003, № 11) сам признается в этой аналогии: «Как впервые подчеркнул Уилер, когда вещество исчезает в черной дыре, ее энтропия пропадает навсегда, и, следовательно, второй закон термодинамики как бы нарушается. Ключ к разгадке этой загадки появился в 1970 г., когда Деметриос Христовулу, в то время аспирант Уилера в Принстоне, и Стивен Хокинг в Кембридже независимо друг от друга обнаружили, что в различных явлениях, таких, как, например, слияние двух черных дыр, суммарная площадь горизонта событий никогда не уменьшается. Аналогия с законом

возрастания энтропии подсказала мне в 1972 г. идею, что черная дыра имеет энтропию, пропорциональную площади поверхности ее горизонта событий» (Я.Бекенштейн, 2003). К такой же идее пришел Стивен Хокинг (1974). Б.Грин пишет: «В конце концов, рассуждал Хокинг, если принимать аналогию между черными дырами и термодинамикой всерьез, придется не только отождествить площадь горизонта событий черной дыры с энтропией, но при этом, как следовало из его работ с Д.Бардином и Б.Картером, приписать черной дыре температуру...» (Б.Грин, «Элегантная Вселенная», 2004).

**582) Аналогия Владилена Летохова.** В.С.Летохов пришел к идее детектирования единичных атомов посредством изменения их траектории импульсами лазерного излучения по аналогии с детектированием атомов посредством отклонения их от первоначальной траектории силой магнитного поля. В статье «Лазерное детектирование единичных атомов» (УФН, 1980, октябрь) В.И.Балыкин, Г.И.Беков, В.С.Летохов и В.И.Мишин пишут: «Другими словами, после лазерного возбуждения атом может изменить траекторию своего движения, что можно весьма эффективно использовать для детектирования единичных атомов. (...) Идея «магнитного детектирования» атомов восходит еще к работам Штерна-Герлаха. Она состоит в том, что в магнитном поле определенной конфигурации, например, в шестиполюсном магните происходит отклонение атомов в соответствии с их магнитным моментом. Если лазерное излучение способно изменить магнитный момент атома, то этот эффект можно использовать для селективного оптического детектирования атомов» (В.И.Балыкин, Г.И.Беков, В.С.Летохов и В.И.Мишин, УФН, 1980, с.336). В 1997 году за разработку процесса захвата атомов методом лазерного излучения С.Чу, У.Филлипс и К.Коэн-Тануджи были удостоены Нобелевской премии. Некоторые авторы считают, что эту премию должен был получить В.С.Летохов, поскольку перечисленные лауреаты основывались на его работах. В частности, О.В.Крылов в статье «Будет ли конец науки?» («Российский химический журнал», 1999, № 6) пишет: «Присуждение Нобелевской премии 1997 г. носило вообще скандальный характер. Как указано в нашей печати, процесс охлаждения и захвата атомов методом лазерного излучения был впервые осуществлен не учеными, получившими Нобелевскую премию, а В.С.Летоховым, работающим в Институте спектроскопии в г.Троицке. Это признавали и сами Нобелевские лауреаты в своих ранних статьях. При массовом характере науки нахождение авторов открытий стало часто затруднительным» (О.В.Крылов, 1999).

**583) Аналогия Владимира Захарова.** Академик РАН, обладатель медали Дирака, В.Е.Захаров (1968, 1971) построил нелинейную теорию поверхностных волн по аналогии с квантовой теорией частиц, когда заметил, что классическое волновое поле можно трактовать как квантованное бозе-поле в пределе больших чисел заполнения. Другими словами, В.Е.Захаров по аналогии перенес нелинейное уравнение Шредингера, применявшееся в квантовой теории частиц, в теорию поверхностных волн (гидродинамику). В текстовом архиве программы А.Гордона по теме «Турбулентность» (2003, ноябрь) указывается: «Еще в 1966 году В.Е.Захаров впервые предложил новый подход к пониманию турбулентности в своей диссертации «Некоторые вопросы нелинейной теории поверхностных волн». Научным руководителем В.Е.Захарова тогда был профессор Р.З.Сагдеев. Успехи теории волн в нелинейных средах с дисперсией в значительной степени обусловлены широким использованием аналогий с квантовой теорией частиц. Суть этих аналогий в том, что классическое волновое поле можно трактовать как квантованное бозе-поле в пределе больших чисел заполнения. Этот подход оказался особенно плодотворным для нелинейных волн в плазме, где на основании квантовых аналогий исследована устойчивость периодических волн конечной амплитуды, и получены кинетические уравнения для волн, описывающие турбулентные состояния плазмы (теория слабой турбулентности плазмы)» (А.Гордон, 2003).

**584) Аналогия Владимира Захарова.** В.Е.Захаров (1972) высказал гипотезу о самосжатии волнового пакета в электронной плазме по аналогии с эффектом самофокусировки света, теоретически предсказанным Г.А.Аскарьяном (1961) и экспериментально обнаруженным Н.Ф.Пилипецким и А.Р.Рустамовым (1965). Б.Б.Кадо́мцев в книге «Коллективные явления в плазме» (1976) пишет: «Явление самофокусировки было предсказано Г.Аскарьяном [92], исходя из весьма простых соображений» (Кадо́мцев, 1976, с.127). «Эффекты самофокусировки и самосжатия волновых пакетов, - рассуждает Б.Б.Кадо́мцев, - должны проявляться и на магнито-гидродинамических волнах, но экспериментально они пока не исследованы. (...) В плазме эффект самосжатия волнового пакета может проявляться на ленгмюровских волнах [99]» (там же, с.133). [99] – это работа В.Е.Захарова (1972), в которой он теоретически предсказал самофокусировку волн электронной плазмы, руководствуясь аналогией с самофокусировкой света Г.А.Аскарьяна. Независимо от В.Е.Захарова идею о самофокусировке плазменных волн высказал Л.И.Рудаков (1972).

**585) Аналогия Акиры Хасегавы.** Японский физик Акира Хасегава (1973) вывел нелинейное уравнение, описывающее солитонный механизм процесса передачи сигнала по оптическим волокнам, по аналогии с нелинейным уравнением Шредингера, которое было получено российским физиком В.Е.Захаровым (1971) для описания солитонного механизма распространения групп волн на воде. Ю.Мозер в статье «Динамические системы – прошлое и настоящее» (журнал «Нелинейная динамика», 2009, том 5, № 1) пишет о динамической системе, каковой является совокупность солитонных волн на воде, и о нелинейном уравнении Шредингера, которое использовал В.Е.Захаров для описания этих волн: «В 1971 году Захаров и Шабат, используя идеи П.Лакса, показали, что это интегрируемая система. У этого уравнения тоже есть «солитоны», обладающие необычной устойчивостью, чем и воспользовались физики (Хазегеват (1973), Mollenauer (1980) при передаче сигнала по оптическим волокнам. Здесь солитоны описывают огибающую волнового пакета. Этот подход успешно применялся при передаче на большие расстояния (около 10000 км) ультракоротких импульсов» (Мозер, 2009, с.26). Об этой же аналогии Хасегавы пишет Николай Слепов в статье «Солитонные сети» (журнал «Сети», 1999, № 3, с.90-100): «В 1971 г. русские ученые Захаров и Шабат теоретически доказали существование солитонов в нелинейных дисперсных средах, решив уравнение Шредингера, описывающее распространение электромагнитной волны в такой среде. В 1973 г. американские исследователи Хасегава и Тапперт заявили о возможности использования солитонных волн в оптоволокне...» (Н.Слепов, 1999). Н.Кудряшов в статье «Нелинейные волны и солитоны» («Соросовский образовательный журнал», 1997, № 2) поясняет суть математического аппарата, разработанного В.Е.Захаровым в гидродинамике и перенесенный А.Хасегавой в теорию распространения солитонов по оптическим волокнам. «Уравнение, - говорит Н.Кудряшов, - с помощью которого описывается распространение групп волн на воде, было получено В.Е.Захаровым в 1968 году. К тому времени это уравнение уже было известно в физике и носило название нелинейного уравнения Шредингера. В 1971 году В.Е.Захаров и А.Б.Шабат показали, что это нелинейное уравнение имеет решения также в виде солитонов, более того, нелинейное уравнение Шредингера, так же как и уравнение Кортевега-де Фриса, может быть проинтегрировано методом обратной задачи рассеяния. Солитоны нелинейного уравнения Шредингера отличаются от обсуждаемых выше солитонов Кортевега-де Фриса тем, что они соответствуют форме огибающей группы волн» (Н.Кудряшов, 1997).

**586) Аналогия Эли Яблоновича и других ученых.** Американский физик Э.Яблонович (1987) ввел в физику фотонных кристаллов понятие запрещенной зоны по аналогии с понятием запрещенной зоны, существующим в физике полупроводниковых кристаллов. Вскоре после того, как Э.Яблонович изготовил первый фотонный кристалл из материала с высоким показателем преломления, стала развиваться теория фотонных кристаллов, которая отталкивалась от аналогии с теорией классических кристаллов. А.К.Звездин в

статье «Квантовая механика плененных фотонов» (журнал «Природа», 2004, № 10) пишет: «Аналогия фотонный кристалл – полупроводник оказалась очень плодотворной для проектирования и создания новых оптических материалов и приборов, значительно расширивших возможности оптоэлектроники и информационных технологий» (А.К.Звездин, 2004). Далее А.К.Звездин поясняет суть аналогии, обнаруженной Эли Яблоновичем: «Аналогия между квантовым поведением электронов в полупроводниках и фотонов в кристаллах имеет строгое математическое обоснование: уравнения Максвелла после несложных преобразований могут быть представлены в виде, формально идентичном уравнению Шредингера для волновой функции электрона. Именно эта аналогия, на которую обратил внимание Яблонович [1], и стала источником многих идей в развитии физики фотонных кристаллов. Более того, оказалось, что процессы в фотонных кристаллах поддаются компьютерным расчетам со значительно более высокой степенью надежности, чем соответствующие задачи для электронов в кристалле» (А.К.Звездин, 2004). Георгий Жувикин в статье «Лабиринты фотонных кристаллов» (журнал «Компьютерра», № 30 от 13 августа 2001 года) пишет об аналогии Э.Яблоновича: «Понятие разрешенных и запрещенных энергетических зон – один из столпов твердотельной электроники. В оптике твердого тела схожее понятие появилось лишь в 1987 году, когда Эли Яблонович, сотрудник Bell Communications Research (ныне профессор Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе), ввел понятие запрещенной зоны для электромагнитных волн. Вскоре «фотонный кристалл» и «фотонная запрещенная зона» стали ключевыми терминами новейшего направления современной оптики» (Г.Жувикин, 2001).

**587) Аналогия Давида Рюэля.** Известный французский физик Давид Рюэль (1971) выдвинул гипотезу о том, что турбулентность жидкости возникает в результате появления странного аттрактора, который, в свою очередь, появляется после небольшого числа бифуркаций, руководствуясь аналогией. В частности, Д.Рюэль по аналогии переносил в теорию турбулентности понятие аттрактора, введенное Стивеном Смейлом (1965) при количественном анализе динамических систем, а также понятие бифуркации (катастрофы), использованное Рене Томом в теории катастроф. Теория Д.Рюэля, связывающая турбулентность с аттракторами, опровергала теорию турбулентности Л.Д.Ландау, основанную на понятии суперпозиции мод колебаний. Д.Рюэль в книге «Случайность и хаос» (2001) пишет: «Описание турбулентности Ландау через моды не понравилось мне потому, что я слушал семинары Рене Тома и изучал фундаментальный труд Стива Смейла под названием «Дифференцируемые динамические системы». Француз Рене Том и американец Стив Смейл – выдающиеся математики. (...) От них я узнал о современном развитии идей Пуанкаре по динамическим системам, из чего ясно понял, что применимость парадигмы мод далека от универсальной» (Рюэль, 2001, с.57). «В своей работе, - поясняет Д.Рюэль, - мы объяснили, почему, на наш взгляд, картина турбулентности, представленная Ландау, неверна, и предложили нечто другое, что содержало странные аттракторы. Эти странные аттракторы впервые появились в работе Стива Смейла...» (там же, с.58). Мы привыкли считать, что странные аттракторы открыл Эдвард Лоренц в процессе математического исследования тепловой конвекции в атмосфере, но в действительности впервые они исследованы именно С.Смейлом. Это подтверждают многие авторы, в том числе В.И.Арнольд. В предисловии к своей книге «Теория катастроф» (1990) он говорит о Рене Томе: «Том указал, что термин «теория катастроф» изобретен К.Зиманом, а термин «аттрактор», заменивший прежнее «притягивающее множество», употреблялся уже С.Смейлом (тогда как в первых изданиях эти заслуги были приписаны Тому)» (Арнольд, 1990, с.5). Фритьоф Капра в книге «Паутина жизни» (2003) также подтверждает, что С.Смейл первым открыл аттрактор: «Количественный анализ динамической системы сводится к определению аттракторов системы и сфер их притяжения, а также классификации их в рамках топологических характеристик. Результатом является динамическая картина всей системы, называемая фазовым портретом. Математические

методы анализа фазовых портретов основаны на новаторских трудах Пуанкаре; впоследствии они были развиты и усовершенствованы американским топологом Стивеном Смейлом в начале 1960-х» (Ф.Капра, 2003).

**588) Аналогия Митчелла Фейгенбаума.** Американский математик М.Фейгенбаум (1983) разработал модель турбулентных процессов, в которой объяснил возникновение сложных непериодических движений жидкости феноменом удвоения периода, когда по аналогии перенес в теорию турбулентности явление удвоения периода, первоначально открытое А.П.Шапиро (1974) и Робертом Мэем (1976) в другой области (в динамике роста биологических популяций). М.Фейгенбаум в статье «Универсальность в поведении нелинейных систем» (УФН, 1983, октябрь) аргументирует целесообразность использования сценария удвоения периода в теории турбулентности: «Почему применима наша теория? Уравнения гидродинамики являются системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Поскольку жидкость вязкая, имеется некоторый минимальный пространственный масштаб возмущений. (...) Теория универсальности является общей для всех систем уравнений с диссипацией. Поэтому представляется возможным, что поток испытывает удвоение периода. Если это происходит, теория применима» (Фейгенбаум, 1983, с.373). Здесь под теорией универсальности М.Фейгенбаум понимает свою концепцию удвоения периода, в которой сценарий удвоения периода рассматривается как универсальный способ перехода системы от простого периодического к сложному непериодическому движению. В.И.Арнольд в книге «Теория катастроф» (1990) указывает, что в 1974 году сценарий удвоения периода в динамике размножения организмов был открыт советским ученым А.П.Шапиро, а вслед за этим Р.Мэем: «Известно, что улов горбуши колеблется с периодом в два года. Исследование экологических моделей, призванных объяснить эти колебания, привело А.П.Шапиро (1974) и затем Р.Мея к экспериментальному открытию каскадов удвоений периода: последовательные бифуркации удвоения быстро следуют одна за другой, так что на конечный отрезок изменения параметра приходится бесконечное число удвоений» (В.И.Арнольд, 1990).

**589) Аналогия Митчелла Фейгенбаума.** М.Фейгенбаум (1978) использовал в теории удвоений периода, универсальность которой впоследствии была доказана, метод ренормализационной группы, по аналогии с применением данного математического метода в теории фазовых переходов. С.П.Кузнецов в книге «Динамический хаос» (2001) указывает: «Используя аппарат, аналогичный развитому ранее в теории фазовых переходов, - метод ренормализационной группы, Фейгенбаум построил замечательную теорию, объясняющую универсальность удвоений периода (Фейгенбаум, 1978, 1979). Теория эта выглядела слишком формально, с точки зрения физиков, и слишком нестрога, с точки зрения математиков, так что Фейгенбауму далеко не сразу удалось опубликовать статью с изложением своих результатов. Эта задержка отчасти компенсировалась тем, что Фейгенбаум активно рассказывал о своей работе на конференциях и семинарах» (С.П.Кузнецов, 2001). Об этой же аналогии М.Фейгенбаума пишет лауреат Нобелевской премии по физике за 1982 год Кеннет Вильсон в своей Нобелевской лекции «Ренормализационная группа и критические явления» (журнал «Успехи физических наук», 1983, октябрь): «Фейгенбаум развил методы типа ренормгруппы для анализа перехода к хаосу в некоторых простых динамических системах, и эта работа может иметь применение к процессу установления турбулентности. Метод Фейгенбаума, вероятно, слишком специализирован, чтобы его можно было широко использовать, но динамические системы могут послужить хорошим исходным пунктом для развития более широких ренормгрупповых методов применительно к классическим уравнениям в частных производных» (Вильсон, УФН, 1983, с.214).

**590) Аналогия Бенуа Мандельброта.** Б.Мандельброт (1982) разработал теорию турбулентности, в которой связал возникновение турбулентных процессов в жидкости с существованием фракталов, когда по аналогии перенес в гидродинамику понятие фракталов, впервые сформулированное им в геометрии. В книге «Фрактальная геометрия природы» (2002) Б.Мандельброт говорит о связи турбулентности с наличием фракталов: «...Я не просто допускаю, я заявляю, что так оно и есть, и намерен это доказать, - что подобающее определение турбулентности требует участия фракталов» (Мандельброт, 2002, с.149). «Отстаивать использование фракталов, - поясняет Мандельброт, - шаг довольно новый и радикальный, однако обязать фракталы турбулентности быть самоподобными вполне укладывается в ортодоксальные рамки, поскольку само понятие самоподобия было впервые введено в обиход для описания турбулентности. Пионером в этой области выступил Льюис Фрай Ричардсон, с которым мы познакомимся в главе 5. В 1926 г. Ричардсон ввел концепцию иерархии вихрей, связанных каскадным процессом» (там же, с.151). «Исходя из этого, - аргументирует Мандельброт, - я заявляю, что турбулентные решения фундаментальных уравнений включают в себя особенности или «почти особенности» совершенно иного рода. Эти особенности представляют собой локально масштабно-инвариантные фрактальные множества, а почти особенности – приближения к ним. Самым простым основанием для данного утверждения можно считать такое соображение: раз уж стандартные множества оказались неспособны адекватно описать феномен, ничто не мешает попробовать следующие по изученности множества» (там же, с.157). Одной из исходных посылок введения фракталов в теорию турбулентности послужило следующее сходство, о котором пишет Б.Мандельброт: «На мой взгляд, между последовательностью приближений фрактальных кривых, изображенных на рис.85, и последовательными стадиями турбулентной дисперсии чернил в воде существует поразительное сходство. Разумеется, реальная дисперсия несколько менее упорядочена, однако это можно имитировать, введя в процесс построения элемент случайности. Можно сказать, что здесь мы наблюдаем ричардсонов каскад «в деле» (там же, с.84).

**591) Аналогия Владимира Арнольда.** Ученик А.Н.Колмогорова В.И.Арнольд расширил арсенал методологических средств гидродинамики в результате того, что по аналогии перенес в нее идеи и методы теории групп диффеоморфизмов. Д.В.Аносов, А.А.Болибрух, В.А.Васильев и другие в статье «Владимир Игоревич Арнольд» (журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 5 (317)) констатируют: «В.И.Арнольд предложил новый метод в гидродинамике, показав, что уравнение Эйлера идеальной жидкости является уравнением геодезических на группе диффеоморфизмов, сохраняющих элемент объема (относительно правоинвариантной метрики, задаваемой энергией жидкости), см. [74]. Одним из приложений этого подхода явилось обоснование Арнольдом невозможности долгосрочного достоверного прогноза погоды: отрицательность кривизны группы диффеоморфизмов влечет за собой экспоненциальную неустойчивость течений жидкости или движений атмосферы, см. [7]» (Аносов, Болибрух, Васильев, 1997, с.237).

**592) Аналогия Селима Крейна.** Российский математик, лауреат премии Вольфа за 1982 год С.Г.Крейн разработал математический способ решения сложных задач гидродинамики, когда по аналогии перенес в гидродинамику методы функционального анализа. В.И.Арнольд, Ю.М.Березанский, Ю.Л.Далецкий и другие в статье «Селим Григорьевич Крейн» (журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 6 (318)) пишут: «С.Г.Крейн одним из первых применил методы функционального анализа к задачам гидродинамики. Им получены фундаментальные результаты о колебаниях вязкой несжимаемой жидкости, показано существование счетного числа нормальных колебаний, которые представляют собой аperiодические движения, за исключением, быть может, конечного числа затухающих колебаний; доказано существование сколь угодно быстро и сколь угодно медленно затухающих движений. Эти исследования подытожены в

монографии «Операторные методы в линейной гидродинамике. Эволюционная теория», написанной им совместно с Нго Зуй Каном и Н.Д.Копачевским» (Арнольд, Березанский, Далецкий, 1997, с.203).

**593) Аналогия Феликса Исидоровича Франкля.** Советский ученый Ф.И.Франкль (1945, 1961) разработал математический аппарат теории трансзвуковых потоков газа, когда по аналогии перенес в эту теорию уравнения смешанного типа, полученные Ф.Трикоми. Итальянский математик Франческо Трикоми вывел эти уравнения, совершенно не догадываясь, что они являются прекрасным средством описания сверхзвуковых газовых потоков. А.Д.Мышкис в книге «Советские математики. Мои воспоминания» (2007) пишет о трансзвуковых потоках газа, которые изучал Ф.И.Франкль: «Таковыми потоками у нас уже занимались, но не было достаточного математического обоснования. Ф.И. обнаружил чисто математические работы Ф.Трикоми, где изучалось уравнение, которое оказалось математической моделью описанных потоков, и у нас эти работы стали изучать и применять. (Когда Трикоми приехал в Москву на конференцию, он познакомился с Франклем и с удивлением узнал о важном применении его работ)» (Мышкис, 2007, с.56). Об этой же аналогии Ф.И.Франкля пишут многие другие авторы. Так, М.Е.Лернер и О.А.Репин в статье «Краевая задача для уравнений смешанного типа в областях с многосвязными подобластями гиперболичности» («Сибирский математический журнал», 2003, том 44, № 1) указывают: «Ф.Франкль в 1945 г. обнаружил приложение задачи Трикоми в теории сопел Лаваля, а затем в других разделах трансзвуковой газовой динамики [7]. В дальнейшем выяснилось, что уравнения смешанного типа также применимы в магнитогидродинамике, геометрии, биологии и других областях естественных наук [22, 23]» (Лернер, Репин, 2003, с.161). Н.Г.Шмелева в автореферате диссертации «Краевые задачи для уравнения Лаврентьева-Бицадзе с комплексным параметром» (Казань, 2002) констатирует: «Начало исследований краевых задач для уравнений смешанного типа было положено в известных работах Ф.Трикоми и С.Геллерстедта, где были впервые поставлены и исследованы краевые задачи для модельных уравнений смешанного типа, теперь известные как «Задача Трикоми» и «Задача Геллерстедта». Ф.И.Франкль обнаружил важные приложения задачи Трикоми и других родственных ей задач в трансзвуковой газодинамике» (Шмелева, 2002, с.3).

**594) Аналогия Теодора фон Кармана.** Американский исследователь Т.фон Карман (1940-е годы) независимо от Ф.И.Франкля разработал математический аппарат теории трансзвуковых потоков газа также по аналогии с теорией уравнений смешанного типа, сформулированной Ф.Трикоми. Г.Фикера в статье «Франческо Джакомо Трикоми» (журнал «Успехи математических наук», 1987, том 42, выпуск 3 (255)) пишет о работе Трикоми (1923), в которой содержится его знаменитое уравнение смешанного типа: «Вполне возможно, что эта талантливая работа Трикоми так и осталась бы выдающимся чисто теоретическим исследованием, если бы не ученые СССР и США, независимо обнаружившие в конце Второй мировой войны и в первые годы после нее важную роль, которую играет уравнение Трикоми в аэродинамике околосвуковых течений – разделе гидродинамики, изучающем движение тел в жидкости со скоростями, близкими к звуковой» (Фикера, 1987, с.206). Далее Г.Фикера детализирует: «...Примерно в 1945 г., когда возникла настоятельная потребность в исследовании околосвуковых течений, многие ученые, особенно Франкль в СССР и фон Карман в США, начали изучать возможность околосвуковой аппроксимации, т.е. замены сложного нелинейного уравнения для потенциала скорости более простым уравнением, решения которого, по крайней мере, в околосвуковой области хорошо приближали бы решения исходного уравнения. Таким образом, Франкль и фон Карман различными путями пришли к одному выводу: околосвуковую аппроксимацию в первом приближении дает уравнение смешанного типа Трикоми» (там же, с.206). «В 1947 г. во время посещения Турина, - говорит Г.Фикера, - фон

Карман сообщил Трикоми, какое важное значение для аэродинамики имеет его уравнение» (там же, с.207).

**595) Аналогия Виктора Маслова.** Российский ученый В.П.Маслов (1976) построил теорию нелинейных уравнений квантовой механики по аналогии с теорией линейных уравнений той же механики. В.П.Маслов в книге «Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана» (1976) говорит нелинейных уравнениях квантовой механики: «Эти уравнения имеют весьма сложный вид, и поэтому обычно рассматриваются различные упрощенные их модели. Между тем оказывается, что сами эти уравнения (а не их упрощенные модели) обладают рядом замечательных свойств и на них могут быть перенесены важнейшие методы решения линейных уравнений. Оказывается также, что остальные основные принципы старой квантовой механики (например, принцип унитарной эквивалентности) сохраняются для таких уравнений. В настоящей книге мы определим класс нелинейных уравнений, для решения которых выполняются эти принципы. К этому классу относятся также уравнения Хартри-Фока, температурные уравнения Хартри, нелинейные уравнения оптики с пространственной дисперсией и временной релаксацией и уравнения, описывающие взаимодействие (многих) классических и квантовых частиц. Книга призвана так модифицировать различные методы приближенных решений линейных уравнений, чтобы эти методы переносились на решения данного класса нелинейных уравнений. В частности, на эти нелинейные уравнения без труда переносится теория разностных схем» (Маслов, 1976, с.5). Таким образом, В.П.Маслов сам раскрывает аналогию, которую он реализовал при построении теории нелинейных уравнений квантовой механики. Он также перенес в область нелинейных уравнений операторный метод Фейнмана и метод континуального интеграла Фейнмана. В.П.Маслов объясняет свои цели: «Методическая задача заключается в перенесении операторного метода Фейнмана и метода континуального интеграла на нелинейный случай, причем последнего в той мере, в которой он приводит к построению диаграмм Фейнмана, а для этого, как выяснено в [2], можно ограничиться установлением аппроксимируемости интеграла комплексными марковскими цепями» (там же, с.9).

**596) Аналогия Виктора Маслова.** В.П.Маслов (1976) построил теорию T-отображений, которые являются модификацией метода ломаных Эйлера, по аналогии с T-произведениями, которым соответствуют мультипликативные интегралы в теории операторного исчисления Фейнмана. В книге «Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана» (1976) В.П.Маслов пишет: «T-отображения, ассоциированные с нелинейными уравнениями квантовой механики, являются естественным обобщением T-произведений, причем в этом случае формулы выпутывания Фейнмана переносятся на T-отображения. Именно это фундаментальное обстоятельство позволяет построить квазиклассическую асимптотику нелинейных уравнений квантовой механики и нелинейный континуальный интеграл, отвечающий им» (Маслов, 1976, с.14). «Отображение  $\psi(t_0) \rightarrow \psi(t)$ , построенное по формулам (1.3), - поясняет В.П.Маслов, - мы назовем T-отображением по аналогии с термином «T-произведение», которым обычно обозначают мультипликативный интеграл. Таким образом, T-произведение есть частный случай T-отображения, когда оператор H линеен» (там же, с.16). «В теории фейнмановского операторного исчисления, - подчеркивает В.П.Маслов, - существенную роль играет так называемый процесс выпутывания для T-произведений. Формулы выпутывания Фейнмана в настоящей главе обобщаются на широкий класс T-отображений, в том числе и тех, которые отвечают всем рассматриваемым в этой книге уравнениям» (там же, с.72).

**597) Аналогия Виктора Маслова.** В.П.Маслов (1976) ввел в теорию уравнений квантовой механики комплексные цепи Маркова (цепи Маркова комплексной переменной) по аналогии с использованием действительных цепей Маркова (цепей Маркова вещественной

переменной). В книге «Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана» (1976) В.П.Маслов аргументирует: «Задача о случайном блуждании броуновской частицы есть пример цепи Маркова. По аналогии мы вводим для задачи о колебаниях решетки с дискретным временем понятие комплексной марковской цепи. Это понятие и есть дискретный аналог интеграла по путям. Теорема о том, что комплексная марковская цепь удовлетворяет уравнению в конечных разностях, является аналогом теоремы Фейнмана о том, что континуальный интеграл удовлетворяет уравнению Шредингера» (Маслов, 1976, с.142). Из рассуждений В.П.Маслова видно, что здесь была важна не столько аналогия между вещественными и комплексными марковскими цепями, сколько сам перенос по аналогии в теорию уравнений квантовой механики комплексных марковских цепей.

**598) Аналогия Ильи Пригожина.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1977 год И.Пригожин дал правильное теоретическое объяснение химической реакции Б.Белоусова, в которой бесцветный раствор после добавления определенного вещества начинает периодически менять свой цвет, по аналогии с объяснением конвекционной неустойчивости Бенара. Б.Белоусов открыл свою знаменитую периодическую реакцию в 1951 году и в течение 20-ти последующих лет никто из ученых не мог объяснить механизм этой реакции. Зная, что возникновение упорядоченных структур в эффекте «ячеек Бенара» объясняется гидродинамической неустойчивостью, И.Пригожин по аналогии решил, что незатухающая реакция Белоусова также обусловлена гидродинамической неустойчивостью. Эффект Бенара – пример того, как в открытой неравновесной системе после подвода энергии образуется некая структура. Отталкиваясь от этого, Пригожин заключил, что и реакция Белоусова – пример открытой системы, в которой после подвода энергии возникает упорядоченная структура. Еще в 1952 году А.Тьюринг математически доказал, что в реакторе в условиях химической реакции могут образовываться устойчивые конфигурации промежуточных продуктов. Имея в виду результаты А.Тьюринга и химическую реакцию советского химика Б.Белоусова, Н.Климонтович в статье «Термодинамика узнает себя в синергетике» (журнал «Знание-сила», 1983 г., № 3) пишет об аналогии Пригожина и его сотрудников: «Именно в работах Пригожина и его сотрудников встретились экспериментальные достижения советской школы и теоретические разработки типа задачи Тьюринга. Однако более или менее завершенная концепция родилась у группы Пригожина, часто называемой «брюссельской школой», только к концу шестидесятых годов. Этому помогло, прежде всего, то, что группа Пригожина – группа физиков. Ибо решающим шагом оказалась проведенная «брюссельцами» аналогия между химическими явлениями, о которых шла речь, и далекими от них, на первый взгляд, гидродинамическими неустойчивостями, теория которых уже была разработана. Самым ярким примером такого класса явлений принято считать так называемую конвекционную неустойчивость Бенара, или ячейки Бенара, или просто «бенар», как говорят физики в обиходе» (Н.Климонтович, 1983).

**599) Аналогия Ильи Пригожина.** Илья Пригожин вывел основную формулу макроскопической термодинамики необратимых процессов, в которой отношение прироста энтропии к приросту времени определяется через сумму обобщенных сил (сил сродства, градиента температуры, химических потенциалов) и через скорости различных необратимых процессов (химических реакций, тепловых потоков, диффузии), по аналогии с формулой Д.Гиббса для энтропии. В данной формуле Гиббса прирост энтропии определяется через такие параметры, как прирост энергии, абсолютная температура, давление, прирост объема и химические потенциалы (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002).

**600) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин (1947) сформулировал теорему о минимуме производства энтропии, когда по аналогии перенес второе начало термодинамики с закрытых (изолированных) систем на открытые системы. Согласно теореме Пригожина, в открытой системе производство энтропии для необратимых процессов стремится к минимуму. В книге «История и философия науки» (СПб, издательство «БХВ-Петербург», 2005) Ю.П.Петров пишет: «Принцип минимума производства энтропии был выдвинут молодым И.Р.Пригожиным еще в 1945-47 годах, когда он смело обобщил второе начало термодинамики на открытые системы. Ранее второе начало формулировалось лишь для изолированных систем – т.е. систем, которые не обмениваются с окружающей средой ни энергией, ни веществом. Эти системы стремятся с течением времени к равновесному состоянию, энтропия которого максимальна, а ее производство обращается в нуль. Все это было известно еще в XIX в. Однако в природе гораздо чаще встречаются открытые системы, которые могут обмениваться с окружающей средой энергией или веществом» (Петров, 2005, с.236). Отметим, что в настоящее время ряд авторов критикуют эту теорему Пригожина, так как она несправедлива для систем, включающих процессы теплопереноса. Об этом пишет, например, сам Ю.П.Петров в книге «Лекции по истории прикладной математики» (2001), а также В.Б.Губин в книге «О физике, математике и методологии» (2003).

**601) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин высказал идею о том, что динамические системы, описывающие эволюционные аспекты Вселенной, в том числе биологическую эволюцию, являются неинтегрируемыми системами (системами, которые нельзя выразить на языке интегрального исчисления), по аналогии с результатами, полученными Г.Брунсом и А.Пуанкаре в конце 19 века. Г.Брунс впервые доказал (а Пуанкаре обобщил полученные Брунсом результаты), что большинство наиболее интересных проблем классической динамики, начиная с проблемы трех тел (например, Солнца, Земли и Луны), не сводятся к интегрируемым системам. «В известном смысле, - отмечает Пригожин, - результат Брунса означал конец классической динамики». «Я всегда был убежден, - пишет Пригожин, - в том, что интегрируемые динамические системы не могут описывать эволюционный аспект Вселенной» (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002). «Предположим, - указывает Пригожин, - что Пуанкаре удалось бы доказать интегрируемость всех динамических систем. Это означало бы, что все динамические движения по существу изоморфны движению свободных (не взаимодействующих) частиц! Для когерентности и самоорганизации просто не было бы места. В интегрируемом мире не нашлось бы места и для жизни» (И.Пригожин, «Время. Хаос. Квант», 2005).

**602) Аналогия Ильи Пригожина.** Отправным пунктом (исходной посылкой) предположения Пригожина о том, что жизнь сопряжена с далекими от равновесия условиями за порогом устойчивости термодинамической ветви и что происхождение жизни может быть связано с серией последовательных неустойчивостей, аналогичных серии последовательных бифуркаций, которая привела к состоянию вещества с повышенной когерентностью, была аналогия со следующим открытием. В 1951 году Белоусов обнаружил периодически действующую химическую реакцию окисления лимонной кислоты броматом калия в присутствии катализатора трех- и четырехвалентного церия. В этой реакции происходят незатухающие концентрационные колебания, сопровождающиеся периодическим изменением цвета реагирующих веществ. Работа Белоусова по изучению данного явления была продолжена и расширена Жаботинским, поэтому реакция получила название Белоусова – Жаботинского (БЖ). Пригожин сравнил реакцию БЖ с таким видом биологических колебаний, как колебания в активности ферментов в метаболизме с периодом порядка минуты, в которых происходит распад одной молекулы глюкозы и производство двух молекул АТФ в присутствии ферментов как катализаторов. Сходство этих реакций по аналогии привело Пригожина к выводу о том, что жизнь сопряжена с далекими от

равновесия термодинамическими бифуркациями (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002).

**603) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин выдвинул гипотезу относительно механизмов образования центров при формировании любой диссипативной структуры по аналогии с классической теорией образования активного центра в пересыщенном паре. И.Пригожин пишет: «Ситуация аналогична той, с которой мы сталкиваемся в классической теории образования активного центра и капли жидкости в пересыщенном паре. Если размеры капельки меньше критических, то она неустойчива. Если же размеры капельки превышают критический предел, то капелька увеличивается и превращает пар в жидкость. Такой эффект образования центров наблюдается и при формировании любой диссипативной структуры» (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002).

**604) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин сформулировал принцип дополнительности между динамическим и термодинамическим описанием по аналогии с принципом дополнительности между классической и квантовой физикой. Последний принцип был сформулирован Н.Бором. В свое время А.Пуанкаре, основываясь на том, что закон роста энтропии (второе начало термодинамики) никак не выводится из принципов классической механики, высказал мысль о несовместимости динамики и термодинамики. Осознавая, что мы живем в единой Вселенной, в которой одновременно действуют законы, описываемые взаимоисключающими теориями, Пригожин понял, что необходим синтез этих теорий (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002).

**605) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин сформулировал дополнительное соотношение неопределенности между оператором Лиувилля и временем в классической механике по аналогии с соотношением неопределенности Гейзенберга в квантовой механике. «...Квантовая механика, - пишет Пригожин, - привнесла статистические черты и в наиболее глубокий слой физического описания. Особенно отчетливо это проявляется в соотношениях неопределенности Гейзенберга. Важно отметить, что для времени и энергии (то есть оператора Гамильтона) аналогичного соотношения неопределенности не существует. В силу уравнения Шредингера... соотношение неопределенности для энергии и времени можно было бы понимать как дополнительность между временем и изменением, между существующим и возникающим. Но в квантовой механике так же, как в классической, время – число (а не оператор). Мы увидим, что при некоторых условиях... такого рода дополнительное соотношение неопределенности может быть установлено между оператором Лиувилля и временем даже в классической механике» (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002). Примечательно, что вопрос о соотношении неопределенности для энергии и времени в свое время обсуждался Н.Бором, Л.И.Мандельштамом, Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшицем.

**606) Аналогия Ильи Пригожина.** Идея И.Пригожина о том, что человек как биологический вид является высокоорганизованной разновидностью диссипативных структур, возникла по аналогии с тем, что диссипативными структурами являются все живые организмы, включая одноклеточные формы жизни. Это связано с тем, что биологические системы обладают всеми свойствами сложного и их устройство и поведение вполне описывается на языке теории диссипативных структур, то есть с помощью понятий бифуркаций, нарушения закона больших чисел, неинтегрируемости, нарушения симметрии, появления аттракторов и т.д. (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002).

**607) Аналогия Ильи Пригожина.** И.Пригожин выдвинул гипотезу о фундаментальной роли энтропии и необратимости в эволюции всей Вселенной, реализовав подход, аналогичный тому, который в свое время был использован Эйнштейном при построении

теории относительности. Пригожин пишет об Эйнштейне: «...Постоянство скорости света он принял за фундаментальный физический факт и проследил, к каким изменениям в наших представлениях о пространстве, времени и динамике приводит принятие такого постулата. Аналогичным образом поступаем и мы, когда, не пытаясь объяснить второе начало термодинамики как кажущееся свойство... постулируем второе начало как фундаментальный физический факт и пытаемся выяснить, к каким изменениям в наших представлениях о пространстве, времени и динамике приводит принятие такого постулата» (И.Пригожин, «От существующего к возникающему», 2002). В общем случае необходимо отметить, что Пригожин разработал математическое описание эволюции хаотических систем во времени по аналогии с методами квантовой механики. «Нельзя не упомянуть и о том, - подчеркивает Пригожин, - что существует неожиданная взаимосвязь между описанием хаоса в терминах эволюции вероятностей во времени... и методами квантовой механики. Именно обобщение квантовомеханических методов позволяет нам достичь формулировки законов, применимой к хаотическим системам, будь то классические или квантовые системы» (И.Пригожин, «Время. Хаос. Квант», 2005).

**608) Аналогия Ильи Пригожина.** Догадка И.Пригожина о существовании хаотических аттракторов (конечных точек, к которым стремятся диссипативные структуры) в активности головного мозга возникла по аналогии с наличием аттракторов в активности многих других диссипативных систем (систем, рассеивающих энергию и производящих энтропию). Позже хаотические аттракторы в картине электрических колебаний мозга были обнаружены экспериментально.

**609) Аналогия Ильи Пригожина.** Илья Пригожин пришел к мысли, что причиной устойчивости живых организмов служит то, что они являются открытыми системами, по аналогии с тем, что причиной устойчивого существования городов также является их открытость (открытость для потоков энергии, вещества и информации). Другими словами, И.Пригожин перенес открытость города как причинный фактор его стабильного существования и развития на живые организмы и сумел в результате причинно связать устойчивое существование этих организмов с их открытостью для потоков вещества, энергии и информации. Вне всяких сомнений, это одна из самых удивительных и неожиданных аналогий, которые когда-либо генерировали великие мыслители прошлого, поэтому она достойна глубокого уважения! В статье «Мысль и страсть Ильи Пригожина» (журнал «Химия и жизнь», 2004, № 2). Пригожин рассказывает о том, как он пришел к идее объяснить стабильность живых организмов тем, что они представляют собой открытые системы: «Книгу Шредингера о жизни я читал с большим удовольствием, и в ней меня заинтересовали два аспекта. Первый состоял в том, что жизнь возможна только за счет обмена энтропией, то есть должен быть поток энергии. И второй: как это получилось, что жизнь так устойчива? Из крокодила получается крокодил, из курицы – курица. Речь идет не только о наследственности, но и о стабильности. Шредингер думал, что эта устойчивость подобна хорошим часам, то есть имеет механическое происхождение. Мне трудно было с этим согласиться. Аналогия, которая пришла мне тогда в голову, связана с городом. Ведь город живет только потому, что он есть открытая система – если вы изолируете его, то он постепенно прекратит существование. А взаимодействия внутри города – это то, что делает систему стабильной. В эту аналогию я верю еще и теперь и думаю, что она представляет очень важный элемент моей теории» (И.Пригожин, 2004). Факт невозможности существования города в случае его изоляции подтверждается нашей отечественной историей – судьбой Ленинграда, оказавшегося в блокаде в период второй мировой войны. Аналогия, которую однажды обнаружил Пригожин между причиной стабильности жизни и причиной устойчивого существования городов, состоит в открытости тех и других систем.

**610) Аналогия А.М.Косевича, А.Кадича, Д.Эделена, А.И.Мусиенко и В.А.Копцика.** Советский физик А.М.Косевич (1964) пришел к выводу о возможности описания динамической теории дислокаций твердого тела на языке электродинамики, когда обнаружил аналогию между теорией дислокаций (деформаций) и электродинамической теорией. А.Кадич и Д.Эделен (1987) построили калибровочную теорию дислокаций по аналогии с калибровочным подходом в электродинамике. А.И.Мусиенко и В.А.Копцик (1995) также обнаружили аналогию между теорией дислокаций твердого тела и калибровочной электродинамической теорией. А.И.Мусиенко и Л.И.Маневич в статье «Аналоги релятивистских эффектов в классической механике» (УФН, 2004, том 174, № 8) пишут: «В рамках классической механики существует аналог классической электродинамики, т.е. теории, описывающей не только распространение электромагнитных волн, но и их взаимодействие с заряженными частицами. Как показал Косевич [3], таким аналогом является динамическая теория дислокаций, т.е. топологических солитонов в кристаллической решетке. В этой теории дислокации соответствуют электрическим зарядам, а поля упругих деформаций и механических напряжений – электромагнитному полю» (Мусиенко, Маневич, 2004, с.862). «...Каждая формула и каждый эффект электродинамики, - отмечают А.И.Мусиенко и Л.И.Маневич, - имеют точные и однозначные аналоги в рамках теории дислокаций. Калибровочная теория дислокаций и дисклинаций, построенная в работах Кадича и Эделена [5], также основана на аналогии между теорией дефектов и электродинамикой, но эта аналогия принципиально отличается от той, что была использована в работах [3, 4]» (там же, с.862). Здесь [3, 4] – это работы А.М.Косевича (1964) и А.И.Мусиенко и В.А.Копцика (1995), в которых они установили ряд аналогий между теорией дислокаций и электродинамикой. Сравнивая аналогию А.Кадича и Д.Эделена с аналогией, которую выявили А.И.Мусиенко и В.А.Копцик, А.И.Мусиенко и Л.И.Маневич пишут о своих коллегах: «...Они опирались на совершенно другую аналогию между калибровочной теорией линейных дефектов и теориями поля (в частности, электродинамикой). В подходе Кадич и Эделена плотность потока дислокаций оказывается аналогом напряженности и индукции электрического и магнитного полей» (там же, с.882).

**611) Аналогия С.Йошиды.** Японский ученый, работающий в США, С.Йошида (2005) провел аналогию между электродинамикой и физической мезомеханикой. Физическая мезомеханика представляет собой научную дисциплину, занимающуюся разработкой общей теории структурных фазовых переходов в деформируемом твердом теле на основе синергетических представлений неравновесной термодинамики и континуальной теории дефектов. С.Йошида в статье «Физическая мезомеханика как полевая теория» (журнал «Физическая мезомеханика», 2005, том 8, № 5) пишет: «...Можно сказать, что физическая мезомеханика является аналогом других калибровочных теорий, таких как электродинамика Максвелла или общая теория относительности Эйнштейна. По сути, различные понятия физической мезомеханики можно объяснить с рациональной точки зрения с использованием аналогии с электродинамикой. Ярким примером может служить аналогия между волной пластической деформации и электромагнитной волной как векторами Умова-Пойнтинга, несущими энергию поля [6, 7], или аналогия между электрическим пробоем в газообразных средах и разрушением твердых сред как итоговыми стадиями процесса диссипации энергии [8]» (Йошида, 2005, с.17). «...Мне бы хотелось представить свое видение физической мезомеханики, - отмечает С.Йошида, - как теории, имеющей фундаментальную аналогию с электродинамикой, где временные и пространственные вариации полевых переменных компенсируют друг друга для достижения определенной стабильности динамики процесса» (там же, с.17). В заключении своей статьи С.Йошида подчеркнул: «Физическая мезомеханика рассмотрена как полевая теория, аналогичная электродинамике. Вывод основного уравнения, обуславливающего трансляционно-ротационное смещение, аналогичен выводу уравнения Максвелла с учетом калибровочной симметрии, связанной с фазовым преобразованием волновой функции заряженной частицы» (там же, с.22). В.Макарова в статье «Физическая мезомеханика – ключ

ко многим проблемам будущего» (газета «Наука в Сибири», № 34-35 (2420-2421), сентябрь 2003 г.) цитирует академика РАН Виктора Панина: «В докладе С.Йошида (США) была рассмотрена пластическая деформация с точки зрения базовых представлений электродинамики. Эта аналогия позволяет совершенно по-иному увидеть процессы, которые развиваются в нагруженном твердом теле» (В.Макарова, 2003).

**612) Аналогия Роланда Добрушина.** Выдающийся российский ученый Р.Л.Добрушин развил в неравновесной статистической физике так называемый «бесконечночастичный» подход по аналогии с использованием данного подхода в равновесной статистической физике. Б.М.Гуревич в статье «Динамические аспекты статистической физики в работах Р.Л.Добрушина» (журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 2 (314)) пишет: «Р.Л.Добрушин занимался задачами динамики с конца 70-х годов, вместе с несколькими своими учениками и сотрудниками. Естественно предположить, что его обращение к этой тематике было, по крайней мере, отчасти вызвано желанием применить к задачам неравновесной статистической физики «бесконечночастичный» подход, основанный на общем понятии гиббсовского случайного поля, которое было предложено им в конце 60-х годов и к тому времени уже успешно работало в равновесной теории. Последовательно переходя от одного круга задач к другому, логически связанному с предыдущим, он получил глубокие математические результаты, относящиеся к трем центральным вопросам неравновесной статистической физики: построению динамики, сходимости к равновесию и выводу гидродинамических уравнений» (Гуревич, 1997, с.19).

**613) Аналогия Роланда Добрушина.** Р.Л.Добрушин (1971, 1976) открыл новые пути для решения задач в теории сетей обслуживания (теории массового обслуживания) в результате того, что по аналогии перенес в эту теорию идеи и методы статистической механики и теории марковских процессов. Е.А.Печерский и Ю.М.Сухов в статье «Идеи Р.Л.Добрушина в теории сетей обслуживания» (журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 2 (314)) пишут: «Насколько нам известно, Роланд Львович Добрушин начал активно интересоваться теорией сетей обслуживания с 1971 года. С чисто математической точки зрения эта теория служила для него естественной областью применения многочисленных идей, которые он успешно разрабатывал в тот период (и позднее) в связи с задачами равновесной и неравновесной статистической механики и теории марковских процессов с локальным взаимодействием. Позднее обе теории он объединил под общим названием многокомпонентных случайных систем. В частности, важную формирующую роль в добрушинском подходе к теории сетей сыграли его работы [3] - [5], а впоследствии [6]. Следует сказать, что его влияние на становление теории сетей обслуживания много шире, чем это можно было бы проследить по его публикациям в этой области» (Печерский, Сухов, 1997, с.25). «Понимая теорию сетей обслуживания как один из объектов теории многокомпонентных случайных систем, - пишут Е.А.Печерский и Ю.М.Сухов о Добрушине, - он предлагал использовать здесь термодинамический и гидродинамический предельные переходы. Он также подчеркивал, что большая группа симметрий, обычно присущая сетям обслуживания, позволяет использовать развитый в рамках статистической физики метод среднего поля» (там же, с.27). Об этой же аналогии пишет М.А.Быховский в книге «Пионеры информационного века: история развития теории связи» (2006): «Помимо разработки теории информации Р.Л.Добрушин с 1976 г. участвовал в разработке проблем теории коммуникационных сетей. Сети связи состоят из пространственно распределенных серверов (коммутационных устройств), осуществляющих по тем или иным принципам маршрутизацию сообщений, передаваемых по сети связи, и соединяющих эти устройства каналов связи. (...) Задачи исследования сетей связи сложны. Для их решения Р.Л.Добрушин применил методы и подходы, выработанные в статистической физике. Он показал, что эти методы применимы к коммуникационным сетям, образованным большим числом обслуживающих устройств, которые обрабатывают случайные потоки сообщений. Его идеи, гипотезы, постановка тех или

иных задач и рецепты их технического решения оказались чрезвычайно важными для многих исследователей, занимающихся системами связи. Подходы, предложенные Р.Л.Добрушиным, позволяли найти распределения вероятностей длин очередей, обслуживаемых серверами, входящими в сеть связи» (Быховский, 2006, с.64).

**614) Аналогия А.Качальского и других исследователей.** А.Качальский (1972) и другие ученые разработали феноменологическую теорию сложных систем, руководствуясь аналогией между электрическими сетями и произвольными динамическими системами. М.В.Волькенштейн в статье «Термодинамика сетей и биология» (УФН, 1982, апрель) пишет: «Термодинамика сетей, развитая применительно к биологии в работах А.Качальского, Остера и Перельсона (1972-1973), представляет собой феноменологическую теорию сложных систем, построенную на основе глубокой аналогии между электрическими сетями и произвольными динамическими системами – механическими или термодинамическими, включая системы химических реакций. Эта теория, исходящая из общих идей, выдвинутых в 1966 г., Мейкснером, применяет графы, выражающие топологию динамического поведения системы. Метод состоит в нахождении изоморфизма между термодинамической системой и топологической структурой графа» (Волькенштейн, УФН, 1982, с.733-734).

**615) Аналогия Ивана Пасечникова.** Российский исследователь И.И.Пасечников (2004) пришел к мысли об использовании тензорного анализа в теории информационных сетей по аналогии с тем, как известный американский физик и инженер Габриэль Крон применял тензорную методологию в теории электрических сетей. Перед тем, как процитировать данного ученого, объясним используемые им аббревиатуры: КС – канал связи, УН – узлы накопления, ИС – информационные сети, ОС – одноканальные системы. В книге «Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей» (2004) И.И.Пасечник аргументирует: «Так как, во-первых, процессы передачи информации в каждом КС и УН ИС являются идентичными, во-вторых, формула Литтла [2-4, 6] справедлива как при описании сети в стационарном состоянии, так и ее элементов – одноканальных систем (ОС), то имеется возможность применить для анализа ИС тензорную методологию по аналогии с электрическими сетями Г.Крона [43-46], а с целью учета динамики путевых потоков и их взаимного информационного влияния – использовать тензорный анализ [47-54]» (Пасечников, 2004, с.7). «Давно известная тензорная методология Г.Крона (50-е гг. прошлого столетия), - отмечает И.И.Пасечников, - именно в настоящее время, когда имеют место большие и все возрастающие информационные нагрузки на ИС, является ключом к решению сетевых задач» (там же, с.8). И.И.Пасечников настаивает на применении аналогии с электрическими сетями Г.Крона: «Важной особенностью при анализе ИС является использование аналогии с электрическими сетями Г.Крона в части введения понятия примитивной сети, которая соответствует структуре «эталонной» системы координат. Такое введение позволяет описать другие системы в терминах этого эталона. Кроме того, открывается возможность аналитически определять степень близости к идеальности информационных систем в смысле передачи информации...» (там же, с.60).



«Не принадлежа изначально к какой-нибудь общепризнанной и известной научной школе, он в течение всей своей жизни перемещался по физико-техническим областям науки по весьма прихотливой и запутанной траектории, напоминая киплингского кота, который, как известно, гулял по джунглям «сам по себе». При этом каждый раз, оказавшись в новой области знания, он своими оригинальными публикациями почти всегда умудрялся произвести легкий переполох среди специалистов, работающих в данной области постоянно».

Г.Е.Колосов о Р.Л.Стратоновиче

**616) Аналогия Руслана Стратоновича.** Р.Л.Стратонович (1961) разработал адекватный математический аппарат в статистической радиотехнике (в теории оптимальной фильтрации сигналов), когда по аналогии перенес в нее уравнения А.Н.Колмогорова (1930) из теории случайных процессов. М.А.Быховский в книге «Пионеры информационного века: история развития теории связи» (2006) указывает: «В теории связи уравнения Колмогорова позволяют по стохастическим дифференциальным уравнениям, описывающим процесс, протекающий в исследуемой системе обработки сигналов (в общем случае нелинейной), найти распределение вероятности перехода этого процесса из состояния в момент времени  $t$  в другое состояние в момент времени  $s > t$ . В статистическую радиотехнику эти уравнения, по-видимому, были впервые введены одним из крупнейших советских ученых Р.Л.Стратоновичем. В книге «Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике» (Советское радио, 1961) он, используя эти уравнения, рассмотрел ряд практически важных задач, возникающих при приеме случайных сигналов и связанных с определением статистических характеристик выбросов случайных процессов, а также с воздействием шумов на автоколебательные системы» (Быховский, 2006, с.73).

**617) Аналогия Руслана Стратоновича.** Р.Л.Стратонович (1966) расширил арсенал идей и методов теории оптимального управления Л.С.Понтрягина благодаря тому, что по аналогии перенес в эту теорию идеи теории условных марковских процессов. Конечно, кроме аналогии существенную роль играла и индукция, так как возможность переноса теории марковских процессов в концепцию оптимального управления была первоначально выявлена на частных задачах и примерах. Р.Л.Стратонович в книге «Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления» (1966) пишет: «Излагаемая в книге формулировка теории оптимального управления возникла путем обобщения в процессе работы автора над различными конкретными задачами. Возможность распространения применяемых методов на новые задачи привела к абстрактной форме теории. Адекватным языком для такой степени общности является язык измеримых функций и теории меры» (Стратонович, 1966, с.7). Отметим, что марковский процесс – это специальный вид случайных процессов, имеющий большое значение в приложениях теории вероятностей к различным разделам науки и техники. Примером марковского процесса может служить распад радиоактивного вещества. Теория марковских процессов возникла на основе исследований А.А.Маркова (старшего), который в работах 1907 года положил начало изучению последовательностей зависимых испытаний и связанных с ними сумм случайных величин. Общая теория марковских процессов была создана А.Н.Колмогоровым в 1930 году.

**618) Аналогия Рема Викторовича Хохлова.** Российский ученый Р.В.Хохлов (1971) пришел к идее о существовании автоволновых процессов в распределенных системах (диссипативных структурах) по аналогии с существованием автоколебаний в нелинейных механических и электрических системах. Основанием для проведения данной аналогии явилось знакомство с реакцией Белоусова-Жаботинского, где при окислении лимонной кислоты броматом калия в

кислотной среде в присутствии катализатора – ионов церия – течение реакции меняется со временем, и раствор периодически меняет цвет от бесцветного к желтому и обратно. В данной реакции наблюдается незатухающий колебательный режим. Это заставило О.В.Хохлова ввести в науку понятие автоволнового процесса по аналогии с понятием автоколебания. Об этой аналогии пишут многие исследователи. А.П.Кузнецов, С.П.Кузнецов и Н.М.Рыскин в книге «Нелинейные колебания» (2002) отмечают: «Обобщение представлений об автоколебаниях на распределенные системы привело к концепции автоволн – самоподдерживающихся колебательно-волновых процессов, характеристики которых в значительной мере не зависят от начальных или граничных условий» (Кузнецов и другие, 2002, с.15). В.А.Васильев, Ю.М.Романовский и В.Г.Яхно в статье «Автоволновые процессы в распределенных кинетических системах» (УФН, 1979, том 128, выпуск 4) констатируют: «По аналогии с автоколебательными Рем Викторovich Хохлов предложил назвать кинетические системы, в которых возможно возникновение волн или структур в результате потери устойчивости однородного состояния, автоволновыми (АВ)» (Васильев и другие, 1979, с.626). С.А.Ахманов в статье «Метод Хохлова в теории нелинейных волн» (УФН, 1986, том 149, выпуск 3) приводит свои воспоминания: «Автор вспоминает живое обсуждение знаменитой реакции Белоусова [111] на семинаре кафедры волновых процессов, комментарии Р.В.Хохлова, относящиеся к теории «диссипативных структур». Выступая оппонентом на защите докторской диссертации А.М.Жаботинского в 1971 г., Рем Викторovich впервые предложил для этого нового класса нелинейных волновых процессов термин «автоволны». Сейчас этот термин общепринят; он адекватно отражает физику дела, устанавливает связь с другим примером возникновения «порядка из хаоса» - автоколебаниями» (Ахманов, 1986, с.384). Это как раз тот случай, о котором однажды сказал А.Пуанкаре: «...Бывает достаточно изобрести одно новое слово, и это слово становится творцом; история науки может доставить нам множество знакомых всем примеров» (А.Пуанкаре, «Наука и метод», СПб., 1910).



«Заниматься гетеропереходами его отговаривали многие научные сотрудники, в том числе и шеф, заведующий лабораторией Владимир Максимович Тучкевич, о чем он сам неоднократно вспоминал впоследствии в речах и тостах, говоря о смелости и способности Жореса предвидеть пути развития науки. Дело в том, что идея использования гетеропереходов в полупроводниковой электронике была давно высказана, но многочисленные попытки реализовать ее были безуспешны».

Б.Захарченя о Жоресе Алферове

**619) Аналогия Жореса Алферова.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2000 год Жорес Алферов (1968) пришел к идее о создании первого лазера на полупроводниках с гетеропереходом, представляющим собой тройное соединение алюминий-галлий-арсеник в твердом растворе, по аналогии с исследованиями Н.А.Горюновой и ее учеников. Подсказкой для использования именно данного тройного соединения послужило замечание одного из учеников Н.А.Горюновой Дмитрия Третьякова, высказанное в беседе с Ж.Алферовым в период его настойчивых, но безуспешных попыток получить устойчивый гетеропереход (гетероструктуру). В предисловии к книге Ж.Алферова «Физика и жизнь» (2000) Б.Захарченя пишет о Д.Третьякове, авторе указанной подсказки: «Автор сотен работ, человек, воспитавший много кандидатов и докторов наук, лауреат Ленинской премии – высшего в то время знака признания творческих заслуг – не защищал никакой диссертации. Этот самый Дима (внешне он чем-то напоминает известного рок-маэстро Шевчука) сказал Жоресу, что неустойчивый сам по себе арсенид алюминия абсолютно устойчив в тройном соединении алюминий-галлий-арсеник (Al Ga As) в так называемом твердом растворе. Свидетельством этому были давно выращенные Александром Борщевским, тоже учеником Горюновой,

кристаллы этого твердого раствора, хранившегося у него в столе уже несколько лет. Примерно так была найдена известная теперь в мире микроэлектроники гетеропара галлий-арсенид-алюминий-галлий арсенид (GaAs - AlGaAs). И уже в 1968 г. на одном из этажей «полимерного» корпуса Физтеха, где в эти годы располагалась лаборатория Тучкевича, вспыхнул (физики говорят «загенерил») первый в мире гетеролазер» («Физика и жизнь», 2000, с.10). Ж.Алферов и сам признает, что подсказка Д.Н.Третьякова послужила тем толчком, который заставил поверить в эффективность полупроводниковых соединений, исследованных Н.А.Горюновой, и использовать их по аналогии при разработке лазера на полупроводниках с гетеропереходами. В статье «История и будущее полупроводниковых гетероструктур», опубликованной в книге «Физика и жизнь» (2000), Ж.Алферов отмечает: «В то время сотрудник моей группы Д.Н.Третьяков сообщил мне, что с мелкими кристаллами твердых растворов  $Al_x Ga_{1-x}As$  различных составов, полученными два года назад путем охлаждения из расплава и положенными А.С.Борщевским в ящик стола, ничего за это время не случилось. Тотчас же стало ясно, что твердые растворы  $Al_x Ga_{1-x}As$  являются химически устойчивыми и подходящими для изготовления долгоживущих гетероструктур и приборов. Изучение фазовых диаграмм и кинетики роста в этой системе, а также разработка модификации метода жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ), пригодной для роста гетероструктур, вскоре привели к созданию первой решеточно-согласованной AlGaAs-гетероструктуры. Когда мы опубликовали первую работу на эту тему, мы были счастливы считать себя первыми, кто обнаружил уникальную, фактически идеальную гетероструктуру – решеточно-согласованную систему для GaAs, но, как часто случается, одновременно и независимо те же самые результаты были достигнуты Х.Руппрехтом и Дж.Вудолом в исследовательском центре им.Т.Уотсона корпорации IBM (1967)» (Алферов, 2000, с.141). Б.Захарченя подчеркивает, что изобретенные Алферовым лазеры на полупроводниках с гетеропереходами нашли самое широкое применение, но простой человек мало что знает об истории их создания. «Теперь обладатели плееров с компакт-дисками, - пишет он, - имеют эти лазеры у себя дома и, я уверен, в большинстве своем не знают, что звуковая и видеоинформация считывается полупроводниковым гетеролазером, и тем более ничего не знают об истории его создания. Надо сказать, что такие лазеры используются во многих оптоэлектронных устройствах, но в первую очередь в волоконно-оптической связи» («Физика и жизнь», 2000, с.10). «Иголкой», которая списывает информацию с компакт диска, - поясняет сам Алферов, - является полупроводниковый лазер, созданный нами в 1968 году и именно на той длине волны, на которой мы тогда его создавали» (там же, с.173). Отметим, что здесь мы наблюдаем аналогию с фактором случая, поскольку Ж.Алферов случайно узнал о выращенных в лаборатории Н.А.Горюновой кристаллах тройного соединения алюминия-галлия-арсеникума. Ю.Р.Носов в статье «Создание светодиодов и лазеров: вклад российских ученых» (журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 2006, № 4) пишет: «Несколько лет группа Алферова билась над поиском подходящего для реализации материала, а нашла его, в некотором смысле полуслучайно, в соседней лаборатории у Н.А.Горюновой, где этот сложный трехкомпонентный полупроводник был изготовлен впрок, «на всякий случай». Гетеролазер на этом материале был создан в канун 1969 г., а приоритетной датой на уровне обнаружения лазерного эффекта является 13 сентября 1967 г.» (Ю.Р.Носов, 2006).

**620) Аналогия П.Н.Боголюбова, А.Ф.Пискарева и Н.С.Шавохина.** П.Н.Боголюбов, А.Ф.Пискарев и Н.С.Шавохина (1981) пришли к идее о получении когерентного гравитационного излучения большой мощности по аналогии с получением когерентного светового (лазерного) излучения. Э.И.Дубовой в книге «По следам невидимок» (1985) пишет: «В объединенном институте ядерных исследований в Дубне П.Н.Боголюбовым, А.Ф.Пискуновым и Н.С.Шавохиной предложена принципиально новая идея открытия гравитонов – создание их в лаборатории. Предлагаемая физическая установка для возбуждения гравитационных волн, хотя и не имеет космических масштабов, но будет достаточно внушительной как по размерам, так и по сложности» (Дубовой, 1985, с.169).

«Расчеты авторов этого оригинального эксперимента показывают, - поясняет Э.И.Дубовой, - что в лаборатории можно получить когерентное гравитационное излучение большой мощности – до нескольких эрг в секунду. Эффективную регистрацию гравитонов можно осуществить, определяя обратное воздействие их на среду, предварительно возбужденную волной лазера в прозрачном диэлектрике» (там же, с.170).



«В 70-х гг. XX века немецкий ученый, специалист в области лазерной физики, Герман Хакен усмотрел аналогию между процессами возникновения генерации в лазере и формированием структур в системах иной природы. Он провозгласил, что это может служить основой новой синтетической научной дисциплины - синергетики».

А.П.Кузнецов, С.П.Кузнецов, Н.М.Рыскин о Германе Хакене

**621) Аналогия Германа Хакена.** Герман Хакен (1970-е годы) разработал теорию динамического хаоса, которая привела к рождению нового междисциплинарного направления, названного синергетикой, когда обнаружил аналогию между уравнением одномодового лазера и уравнениями Лоренца в теории тепловой конвекции. Ю.Л.Климонтович в книге «Штрихи к портретам ученых» (2005) указывает: «Благодаря свойственной профессору Г.Хакену эрудиции и научной интуиции, ему удалось установить глубокую аналогию уравнений теории лазеров и уравнений, лежащих в основе современной теории равновесных и неравновесных фазовых переходов. Он установил, в частности, что уравнения одномодового лазера идентичны уравнениям Лоренца в теории тепловой конвекции, на примере которых было открыто принципиально новое явление – динамический хаос. Тем самым был перекинут мост от теории когерентного лазерного излучения к теории динамического хаоса. Открытие динамического хаоса, наряду с теорией относительности и квантовой механикой, представляет переворот в научных представлениях, которые казались незыблемыми со времен Ньютона. Эти работы послужили профессору Г.Хакену исходными для создания нового междисциплинарного направления, которому он дал название «синергетика» (Климонтович, 2005, с.59). С точки зрения Ю.Л.Климонтовича, «основные работы профессора Г.Хакена выполнены на «нобелевском уровне». То, что он до сих пор не является лауреатом Нобелевской премии, можно объяснить лишь трудностями отбора работ, заслуживающих этой высокой награды» (там же, с.60). Об этой же аналогии Г.Хакена Ю.Л.Климонтович говорит в предисловии к книге Г.Хакена «Информация и самоорганизация» (2005): «Одним из первых Г.Хакен включился и в создание теории лазеров. Он предложил, пожалуй, простейшую модель для описания когерентного лазерного излучения. Ему принадлежат работы по теории флуктуации лазерного излучения. Так, например, хорошо известна формула Хакена-Лэкса для ширины линии лазерного излучения, в которой учтены тепловые флуктуации в резонаторе и спонтанное излучение атомов рабочей среды лазера. Все также одним из первых, Г.Хакен обратил внимание на глубокую аналогию процесса возникновения когерентного лазерного излучения с процессами, происходящими при фазовых переходах второго рода, на аналогию уравнений теории лазеров с уравнением Гинзбурга-Ландау в теории сверхпроводимости. В результате возник ставший теперь общепринятым термин «неравновесные фазовые переходы» (Климонтович, 2005, с.9). «Исследования по теории лазеров и неравновесным фазовым переходам, - подчеркивает Ю.Л.Климонтович, - послужили началом нового объединяющего междисциплинарного направления, которое Г.Хакен обозначил весьма емким термином «синергетика». Этот термин подчеркивает принципиальную роль коллективных, кооперативных взаимодействий в возникновении и поддержании процессов самоорганизации в различных открытых системах» (там же, с.9).

**622) Аналогия Германа Хакена.** Г.Хакен построил теорию эффекта Бенара – возникновения ячеистой структуры жидкости, находящейся в сосуде и подогреваемой снизу, по аналогии с теорией фазовых переходов Ландау-Гинзбурга. Г.Хакен разработал указанную теорию, желая расширить и укрепить свой первоначальный успех, обусловленный обнаружением аналогии между математической моделью фазовых переходов и моделью лазерного излучения. Н.Н.Никитенков и Н.А.Никитенкова в учебном пособии «Синергетика для инженеров» (Томск, 2009) пишут: «Хакен решил расширить сферу исследований. Он обратил внимание на явление образования гидродинамических шестигранных структур, напоминающих пчелиные соты, на поверхности вязкой жидкости, налитой тонким слоем в сосуд, подогреваемый снизу, которое было открыто еще в 1900 г. французским ученым Х.Бенаром. (...) Возникновение подобных структур, как выяснилось позже, не является чем-то уникальным. Оно зависит от вязкости жидкости и размеров сосуда. Анализируя это явление, Хакен обнаружил аналогию между образованием ячеек Бенара и фазовыми переходами» (Н.Н.Никитенков, Н.А.Никитенкова, 2009, с.9). «Постепенно продвигаясь по пути синтеза физических моделей и математических описаний и поиска аналогий, - подчеркивают Н.Н.Никитенков и Н.А.Никитенкова, - Хакену сначала удалось описать с общих позиций процессы в лазерах и фазовые переходы. Затем он расширил эту модель для описания ячеек Бенара и ряда других гидродинамических неустойчивостей. Эффект превзошел самые смелые ожидания! Так, для ячеек Бенара полученные Хакеном уравнения предсказывали не только само их появление, но и шестиугольную форму ячеек и даже их параметры. Этот результат уже не мог быть простым совпадением или случайностью. Связь явлений оказалась действительно глубокой» (там же, с.11). Отметим, что до Хакена И.Пригожин объяснил возникновение упорядоченных структур в эффекте «ячеек Бенара» гидродинамической неустойчивостью. Что касается аналогии между фазовыми переходами и лазерным излучением, которую заметил и использовал Хакен, то Н.Н.Никитенков и Н.А.Никитенкова в той же книге пишут о ней: «Аналогия между лазерным излучением и фазовым переходом, кроме внешнего сходства процессов, заключалась в том, что при сопоставлении математического описания классических фазовых переходов и лазерного излучения уравнения для них практически совпали. Таким образом, аналогия оказалась более глубокой, чем просто внешнее сходство» (там же, с.9).

**623) Аналогия Бориса Кадомцева.** Б.Б.Кадомцев (1975) построил теорию турбулентных процессов в электрон-ионной плазме токамака (устройства, в котором реализуется управляемый термоядерный синтез) по аналогии с описанием турбулентных процессов в гидродинамике. Б.Б.Кадомцев в статье «От МТР до ИТЭР» (УФН, 1996, май) пишет: «...В плазме токамака развиваются многочисленные коллективные процессы. Ситуация здесь сходна с обычным течением жидкостей. Только в случае ламинарных потоков, например, течения Пуазейля, картина течения может быть полностью рассчитана теоретически. Но большая часть течений в природе и технических устройствах оказывается турбулентной. Строгих методов расчета турбулентных потоков не существует, но в большинстве случаев их можно описать полуколичественно, например, путем введения длины перемешивания. Этот подход дополняется моделированием с использованием соответствующих безразмерных параметров. Аналогичные подходы можно рекомендовать и в применении к плазме токамака. Прежде всего, для плазмы токамака может быть использован размерный анализ с введением разумных безразмерных параметров» (Кадомцев, УФН, 1996, с.454).

**624) Аналогия Бориса Кадомцева.** Б.Б.Кадомцев (1976) выдвинул идею о самосжатии волнового пакета в магнито-гидродинамических волнах по аналогии с эффектом самофокусировки света, теоретически предсказанным Г.А.Аскарьяном (1961) и экспериментально обнаруженным Н.Ф.Пилипецким и А.Р.Рустамовым (1965). Б.Б.Кадомцев в книге «Коллективные явления в плазме» (1976) отмечает: «Явление самофокусировки было предсказано Г.Аскарьяном [92], исходя из весьма простых соображений» (Кадомцев, 1976,

с.127). «Эффекты самофокусировки и самосжатия волновых пакетов, - рассуждает Б.Б.Кадомцев, - должны проявляться и на магнито-гидродинамических волнах, но экспериментально они пока не исследованы. (...) В плазме эффект самосжатия волнового пакета может проявляться на ленгмюровских волнах [99]» (там же, с.133). Отметим, что в 1972 году В.Е.Захаров теоретически предсказал самофокусировку волн электронной плазмы, руководствуясь той же аналогией с самофокусировкой света Г.А.Аскарьяна. Такую же аналогию проводил Л.И.Рудаков (1972).

**625) Аналогия Бориса Кадомцева.** Б.Б.Кадомцев (1976) постулировал существование индуцированной генерации волн в электронной плазме по аналогии с вынужденным излучением света, которое было теоретически предсказано А.Эйнштейном и экспериментально открыто А.М.Прохоровым, Ч.Таунсом и другими учеными. Другими словами, Б.Б.Кадомцев перенес в физику плазмы механизм лазерного излучения, исследованный в оптике. Б.Б.Кадомцев в книге «Коллективные явления в плазме» (1976) рассуждает: «По аналогии с лазерами отсюда можно заключить, что если в плазме найдется волна, которая резонансным образом будет взаимодействовать с инверсной популяцией частиц, то может иметь место индуцированная генерация волн, т.е. экспоненциальное нарастание малых колебаний со временем» (Кадомцев, 1976, с.192).

**626) Аналогия А.Л.Фабриканта, Л.Ш.Цимринга, А.А.Андропова, А.В.Тимофеева, Д.В.Майлса, Х.С.Рибнера, К.Кейса.** А.Л.Фабрикант (1976) и Л.Ш.Цимринг (1983) предсказали квазилинейное взаимодействие и вынужденное рассеяние волн на частицах для ветрового волнения в океане по аналогии с эффектами рассеяния волн, которые встречаются в других областях (например, в электронной плазме). А.Л.Фабрикант (1979) сформулировал идею о существовании линейного и нелинейного затухания волн в сдвиговых гидродинамических течениях по аналогии с бесстолкновительным затуханием колебаний электронной плазмы, которое предсказал Л.Д.Ландау (затухание Ландау). Д.В.Майлс (1957) и Х.С.Рибнер предсказали эффект усиления звука по аналогии с эффектом усиления световых волн, который используется в лазерной технике. Интересно, что Д.Е.Маккензи (1972) теоретически предсказал эффект усиления гравитационных волн также по аналогии с явлением усиления световых волн. А.Л.Фабрикант совместно с А.А.Андроновым теоретически обнаружил ряд новых явлений в гидродинамике, руководствуясь аналогией с теорией плазмы. К.Кейс (1960) нашел способ адекватного описания взаимодействия волна-поток в гидродинамических системах, опираясь на аналогию с трактовкой того же взаимодействия волна-поток в физике плазмы. Ю.А.Степанянц и А.Л.Фабрикант в статье «Распространение волн в сдвиговых гидродинамических течениях» (УФН, 1989, сентябрь) указывают: «...Весьма полезной для выработки интуиции, понимания качественной стороны явлений, а нередко и для выбора наиболее оптимальных методов расчета оказалась развитая к настоящему времени аналогия между взаимодействием волна-поток в гидродинамических системах и соответствующими явлениями в электродинамике, физике плазмы и электронике. Такая аналогия, впервые отмеченная в работе Кейса, далее развивалась в различных направлениях. В результате было установлено, что такие понятия, как волны отрицательной энергии, отрицательная диссипация, резонанс волны с потоком и т.д., лежащие в основе теории плазменных неустойчивостей, успешно работают и в гидродинамических задачах. На основе плазменно-гидродинамической аналогии дано физическое объяснение известных результатов гидродинамики (правило обхода Линия резонансных особых точек в сдвиговых течениях, неустойчивость течений с точкой перегиба в профиле скорости, теория Майлса генерации ветровых волн), а также исследован ряд новых гидродинамических эффектов – аналоги линейного и нелинейного затухания Ландау в сдвиговых течениях, квазилинейного взаимодействия и вынужденного рассеяния волн на частицах для ветрового волнения в океане, циклотронного поглощения при рассеянии звука на вихрях и др. Аналогия может «работать» и в обратную сторону, позволяя исследовать, например, некоторые типы

плазменных неустойчивостей, отталкиваясь от известных результатов гидродинамики» (Степанянц, Фабрикант, УФН, 1989, с.83). «Аналогия между гидродинамическими и электродинамическими явлениями в потоках частиц в рассматриваемом здесь аспекте, - подчеркивают Ю.А.Степанянц и А.Л.Фабрикант, - началась с работы Кейса, обсуждалась затем Тимофеевым и детально проанализирована в работе [20]. В результате этого анализа стало ясно, что связь электродинамических и гидродинамических явлений глубже, чем это отмечалось ранее» (там же, с.110).

**627) Аналогия Александра Петровича Кобушкина.** Советский физик А.П.Кобушкин (1977) выдвинул гипотезу о существовании кварк-антикварковых пар внутри адрона по аналогии с существованием электронных пар, называемых куперовскими парами, внутри сверхпроводящего металла. А.П.Кобушкин предложил математический аппарат для описания подобных кварк-антикварковых пар по аналогии с математическим аппаратом, разработанным Н.Боголюбовым в теории сверхпроводимости. А.П.Кобушкин в статье «О роли кварк-антикварковых пар внутри адрона» (журнал «Теоретическая и математическая физика», 1977, том 30, № 2) пишет: «Исходя из аналогии с боголюбовской теорией сверхпроводимости, мы строим волновые функции структурных кварков, которые представляют кварк, окруженный морем кварк-антикварковых пар. Преобразование от голых кварков к структурным в нашем подходе совпадает с преобразованием Мелоша» (Кобушкин, 1977, с.291). «Можно попытаться, - аргументирует А.П.Кобушкин, - представить эти кварк-антикварковые пары как куперовские пары [2, 3] и описать нашу картину методами теории сверхпроводимости. В данной работе эту аналогию между кварковой моделью и теорией сверхпроводимости мы попытаемся развить дальше. А именно будем исходить из определенного недиагонального гамильтониана, записанного в терминах «голых», или, как их иногда называют, «токовых» кварков. Далее попытаемся диагонализировать этот гамильтониан, вводя операторы рождения и уничтожения новых («структурных») кварков. В сверхпроводимости такая процедура носит название канонического преобразования Боголюбова» (там же, с.291). Отметим, что до А.П.Кобушкина идею кварковых пар, аналогичных куперовским парам электронов, высказывали Т.Егучи (1974) и Х.Сугавара (1975). В наше время эта аналогия скорректирована в том плане, что предполагается связывание кварков за счет обмена глюонами подобно тому, как связывание электронов в сверхпроводнике происходит за счет обмена фононами. На этой основе развивается представление о существовании кварковой (цветовой) сверхпроводимости, то есть цветового конденсата. О развитии концепции кварковой сверхпроводимости на основе аналогии с электронной сверхпроводимостью пишет М.В.Садовский в работе «Лекции по квантовой теории поля» (Екатеринбург, 2002): «В самое последнее время мощное развитие получило изучение кварк-глюонного вещества в экстремальных условиях высоких температур и плотностей, что весьма существенно для задач астрофизики и космологии, так же как и для экспериментов по столкновению тяжелых ядер на уже работающих или строящихся ускорителях. Здесь проявляется целый ряд замечательных аналогий с физикой конденсированного состояния, в частности, большой интерес вызывает теоретическое изучение так называемой цветовой сверхпроводимости, возникающей в кварк-глюонном веществе высокой плотности за счет куперовского спаривания кварков, вызванного притяжением за счет обмена глюонами» (Садовский, 2002, с.340).

**628) Аналогия Александра Филиппова.** Советский физик, автор замечательной книги об истории изучения солитонов «Многоликий солитон», А.Т.Филиппов (1977) независимо от А.П.Кобушкина предложил перенести в теорию кварков идеи и методы микроскопической теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера-Боголюбова. М.К.Волков и В.Н.Первушин в статье «Фундаментальные проблемы квантовой теории поля» (журнал «Успехи физических наук», 1977, том 121, выпуск 1) пишут: «Одна из центральных задач теории кварков – связать два различных способа описания с помощью структурных и токовых

кварков. Как было указано в докладе А.Т.Филиппова, данная проблема может быть решена по аналогии с микроскопической теорией сверхпроводимости Бардина, Купера, Шриффера, Боголюбова. В частности, преобразование между токовыми и структурными кварками является частным случаем канонических преобразований Н.Н.Боголюбова. Введение динамического спонтанного нарушения симметрии в кварковую модель может быть тем исходным пунктом, который бы объединил кварковые модели, описывающие низкие и высокие энергии» (Волков, Первушин, 1977, с.173).

**629) Аналогия Игоря Дремина.** И.М.Дремин (1979, 1982) высказал предположение о том, что элементарные частицы сильного взаимодействия при прохождении через «адронную» среду могут излучать вторичные адроны, по аналогии с эффектом Черенкова-Вавилова, который заключается в том, что электрон, движущийся в определенной среде со скоростью, превышающей скорость света в данной среде, испускает электромагнитные волны. Известно, что в 1958 году за теоретическое объяснение эффекта Черенкова-Вавилова Игорь Тамм и Илья Франк были удостоены Нобелевской премии. Кроме того, И.М.Дремин выдвинул гипотезу, что кварки, составляющие адроны, также при определенных условиях могут излучать сверхсветовые глюоны, опять же руководствуясь аналогией с эффектом Черенкова-Вавилова. И.М.Дремин в докладе «Об адронных аналогах черенковского, переходного и тормозного излучения» (журнал «Успехи физических наук», 1982, август) указывает: «...Адрон, соударяющийся с некой «адронной средой» (ядром или другим адроном), может излучать вторичные адроны за счет эффекта, аналогичного черенковскому излучению в электродинамике. Аналогия с электродинамикой усиливается, если рассмотреть излучение глюонов кварками, составляющими адрон, поскольку свойства глюонов и кварков близки соответственно свойствам фотонов и электронов» (Дремин, 1982, с.749). Об этой аналогии И.М.Дремин совместно с А.В.Леонидовым пишет также в статье «Теоретические поиски коллективных эффектов в множественном рождении частиц» (УФН, 1995, том 165, № 7): «Отметим еще одну интересную возможность аналогии с коллективным эффектом в излучении фотонов. Известно, что вещественная часть амплитуды упругого рассеяния адронов становится положительной при высоких энергиях. В терминах классической физики это означает, что показатель преломления адронной среды превышает единицу. В этом случае фазовая скорость цветного заряда в адронной среде может оказаться выше скорости света. Это может привести к «цветовому черенковскому излучению», аналогичному обычному черенковскому излучению, теория которого была разработана Таммом и Франком» (Дремин, Леонидов, 1995, с.770).

**630) Аналогия Игоря Дремина.** И.М.Дремин (1982) сформулировал идею о существовании эффекта тормозного излучения адронов по аналогии с эффектом тормозного излучения заряженных частиц в электродинамике. И.М.Дремин предположил, что подобно электромагнитному излучению, испускаемому заряженной частицей (электроном, протоном) при ее рассеянии (торможении) в электрическом поле, должно иметь место аналогичное явление для адронов. И.М.Дремин в докладе «Об адронных аналогах черенковского, переходного и тормозного излучения» (журнал «Успехи физических наук», 1982, август) отмечает: «В физике сильных взаимодействий могут проявляться эффекты, аналогичные известным явлениям в электродинамике, таким, как черенковское, переходное и тормозное излучения. Первые два из них связаны с наличием среды, а последнее возможно даже на одиночном рассеивателе» (Дремин, 1982, с.749).

**631) Аналогия Г.Стэнли.** Г.Стэнли (1980-е годы) получил ряд новых результатов в теории, описывающей структуру воды, когда по аналогии перенес в эту теорию достижения теории перколяции. С.М.Комаров в статье «Споры о структуре воды» (журнал «Химия и жизнь», 2007, № 3) цитирует доктора химических наук Г.Г.Маленкова: «Представлениям о воде как о водородно-связанных кластерах, плавающих в море лишенных связей молекул воды, был

положен конец в начале восьмидесятых годов, когда Г.Стэнли применил к модели воды теорию перколяции. (...) Да, эта математическая теория решает задачу протекания жидкости по какой-то сетке. Она появилась в сороковых годах, когда стало необходимым рассматривать сложные электрические схемы, и нужно было решать задачу: при каком количестве дефектных контактов или порванных проводов электрический ток сумеет дотечь с одной стороны схемы до другой. Как оказалось, это определяется строгими математическими правилами» (С.М.Комаров, 2007).

**632) Аналогия Герда Биннига и Генриха Рорера.** Лауреаты Нобелевской премии по физике за 1986 год Г.Бинниг и Г.Рорер (1979) пришли к идее об использовании в сканирующем микроскопе механизма туннелирования в вакууме с управляемым острием по аналогии с экспериментами У.А.Томсона, в которых изучался процесс туннелирования в вакууме с указанным острием. Г.Бинниг в своей Нобелевской лекции «Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности» (УФН, 1988, февраль) пишет: «...За несколько недель до начала моей работы в ИБМ, на конференции по низким температурам ЛТ-15 в Гренобле я неожиданно вспомнил о своей старой мечте – о туннелировании в вакууме. Лишь спустя несколько лет я узнал, что об этом думали многие другие ученые, занимавшиеся, как и я, туннельной спектроскопией. Как это ни странно, никто этого вопроса не обсуждал, хотя сама мысль существовала давно. В действительности эта идея возникла двадцатью годами ранее, одновременно с туннельной спектроскопией, но не получила развития. Вскоре после начала нашей работы Сеймор Келлер, член совета по техническому контролю исследовательского отдела ИБМ и давний сторонник развития работ по туннелированию в нашей лаборатории, обратил наше внимание на эксперименты У.А.Томсона по туннелированию в вакууме с управляемым острием. Эта задача очень заинтересовала нас» (Бинниг, УФН, 1988, с.262). «Таким образом, - замечает Г.Бинниг, - открывалась возможность создания нового типа микроскопа. По принципу работы он в основном напоминает профилограф, но сканирующее острие и поверхность не находятся в механическом контакте, а располагаются на расстоянии в несколько ангстрем, контролируемом по величине туннельного тока, протекающего между ними» (там же, с.262).

**633) Аналогия Вольфганга Кноля и Бенно Ротенхойслера.** Б.Кноль и Б.Ротенхойслер (1988) пришли к идее о разработке плазмонного микроскопа, основанного на использовании поверхностных оптических плазмонов (ПП) по аналогии с оптическим и электронным микроскопом. С.И.Валянский в статье «Микроскоп на поверхностных плазмонах» («Соросовский образовательный журнал», 1999, № 8) пишет: «В 1988 году Вольфганг Кноль и Бенно Ротенхойслер предложили использовать ПП для микроскопии. Они продемонстрировали рабочую модель микроскопа, в котором ПП возбуждались по схеме Кречманна, для исследования специально сделанной сетки с известными параметрами. Результаты оказались столь впечатляющими, что в ближайшие несколько лет появились работы по возможности применения нового прибора в физике, химии, биологии и технике. Многие исследователи обратились к этому прибору в силу, с одной стороны, простоты его конструкции, а с другой – высокого разрешения» (С.И.Валянский, 1999).

**634) Аналогия Стивена Чу.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1997 год Стивен Чу пришел к выводу об использовании метода магнитной ловушки в своей работе по оптическому пленению атомов, в которой удержание атомов в определенном объеме пространства достигалось путем воздействия на них лазерного света, руководствуясь аналогией. В частности, Стивен Чу по аналогии заимствовал метод магнитной ловушки из исследований Уильяма Филлипса, который использовал данный метод для пленения атомов натрия. Стивен Чу в своей Нобелевской лекции «Управление нейтральными частицами» (УФН, 1999, март) указывает: «Получив оптическую пачку, мы начали искать пути достижения первоначальной цели – оптического пленения атомов. Отправным пунктом стала

работа Билла Филлипса с сотрудниками по магнитному пленению атомов натрия, опубликованная за две недели до выхода нашей статьи по оптической патоке» (Чу, УФН, 1999, с.278).

**635) Аналогия Уильяма Филлипса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1997 год У.Филлипс выдвинул предположение о возможности оптического пленения атомов с помощью лазерного луча по аналогии с исследованиями Арта Ашкина (1978), который показал, как можно замедлить пучок атомов натрия, используя давление лазерного пучка, работающего в режиме резонанса с колебаниями атомов. У.Филлипс в своей Нобелевской лекции «Лазерное охлаждение и пленение нейтральных атомов» (УФН, 1999, март) пишет: «В 1978 г., во время моего пребывания постдоком в МТИ, я прочел статью Арта Ашкина, в которой он объяснял, как можно замедлить пучок атомов натрия, используя радиационное давление лазерного пучка, настроенного в резонанс с атомами. После замедления атомы будут захвачены в ловушку, состоящую из сфокусированных лазерных пучков, а хаотическое движение атомов будет подавлено до уровня, соответствующего температурам порядка микрокельвина. Эта статья явилась для меня введением в проблему лазерного охлаждения (уменьшения случайных тепловых скоростей с помощью радиационных сил) была предложена тремя годами ранее Хеншем и Шавловым и независимо Винландом и Демелтом. Хотя рассмотрение вопроса в статье Ашкина было, по необходимости, упрощенным, она вдохновила меня на то, что я пытался реализовать в течение последующего десятилетия» (Филлипс, УФН, 1999, с.305).

**636) Аналогия Уильяма Филлипса.** У.Филлипс пришел к идее об использовании магнитной ловушки в экспериментах по охлаждению атомов с помощью лазера по аналогии с работами В.Пауля (1978) об использовании магнитной ловушки для пленения (удержания) холодных нейтронов. Интересно, что еще в середине 1950-х годов Вольфганг Пауль обсуждал возможность магнитной ловушки. В 1978 году В.Пауль совместно с К.Куглером и В.Тринксом опубликовал работу о магнитном пленении холодных нейтронов. У.Филлипс в своей Нобелевской лекции «Лазерное охлаждение и пленение нейтральных атомов» (УФН, 1999, март) говорит: «Наконец-то у нас были достаточно медленные атомы, чтобы можно было их пленить, и мы решили сначала сконцентрироваться на магнитостатическом пленении. Идея магнитных ловушек впервые появилась в литературе в 1960 г., хотя Вольфганг Паули обсуждал их на лекциях в Боннском университете в середине 1950-х годов, как естественное развитие идеи магнитной фокусировки атомных пучков. Магнитное пленение привлекло наше внимание, в частности, в связи с успешным пленением холодных нейтронов. Мы позже узнали, что в неопубликованных экспериментах лаборатории Пауля были указания на удержание натрия в магнитной ловушке» (Филлипс, УФН, 1999, с.310). Говоря о появлении идеи магнитных ловушек в 1960 году, У.Филлипс имеет в виду работу В.В.Владимирского об удержании ультрахолодных нейтронов (УХН) в магнитной ловушке (1960). О том, что В.В.Владимирский был первым, кто предложил такой способ удержания УХН, пишут многие авторы. Например, об этом говорят Ю.Г.Абов, А.Ф.Андреев, С.Т.Беляев и другие в статье «Василий Васильевич Владимирский» (УФН, 1995, август): «В.В.Владимирский впервые предложил метод удержания ультрахолодных нейтронов в магнитной ловушке. Этот оригинальный метод удержания ультрахолодных нейтронов был реализован в ИТЭФ» (Абов, Андреев, Беляев и другие, УФН, 1995, с.975).

**637) Аналогия В.А.Белинского.** В.А.Белинский (1982) пришел к выводу о солитонной природе гравитационных волн по аналогии с существованием солитонных объектов в гидродинамике, когда они образуются на поверхности воды. В статье «Солитоны в теории гравитации» (УФН, 1982, март) В.А.Белинский пишет: «Вблизи момента начальной космологической сингулярности солитонное возмущение локализовано (по одной пространственной переменной) и с началом расширения начинает затухать. В некоторый

критический момент оно рождает гравитационные волны, которые в дальнейшем распространяются в пространстве, разбегаясь от места первоначальной концентрации возмущения. Таким образом, указанные решения дают точные модели, описывающие зарождение и распространение во Вселенной солитонных гравитационных волн космологического происхождения, появляющихся за счет начальных неоднородностей гравитационного поля» (Белинский, УФН, 1982, с.541).

**638) Аналогия Александра Потапова.** Российский ученый А.А.Потапов (1987-1997) разработал фрактальный метод обработки (фильтрации) радиосигналов и изображений при наличии интенсивных помех по аналогии с фрактальным методом обработки, применявшимся Б.Мандельбротом и его последователями в других научных областях. Кроме того, работая в области радиофизики и радиолокации, он построил классификацию фракталов, получившую одобрение самого Б.Мандельброта. А.А.Потапов в статье «Распознавание малококонтрастных образов и сверхслабых сигналов на основе теории фракталов, дробных операторов и эффектов скейлинга» (Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009) указывает: «Автором в свое время была проделана большая работа по введению определений понятия «фрактал» в теорию и практику радиотехники и радиофизики и на этой основе создана классификация фракталов. Разработанная автором классификация фракталов была в декабре 2005 г. в США одобрена и принята Б.Мандельбротом...» (Потапов, 2009, с.148). Кроме того, А.А.Потапов по аналогии перенес в область радиофизики и радиоэлектроники идеи и методы теории фазовых переходов и концепции критических явлений. В той же статье А.А.Потапов пишет: «В случае применения фракталов особое значение приобретает глубокая аналогия между современными задачами радиофизики и радиоэлектроники и флуктуационной теорией фазовых переходов и критических явлений. Как известно, в основе современной ренормгрупповой теории фазовых переходов лежит подход, базирующийся на гипотезе скейлинга, или масштабной инвариантности. Аналогичный подход удалось разработать автору для решения множества радиофизических задач. Данные методы касались вначале проблемы текстурной и фрактальной фильтрации сверхслабых радиосигналов и изображений при интенсивных негауссовских помехах. Затем стало ясным, что такой «фрактальный» подход пригоден и для других задач» (там же, с.147).

**639) Аналогия А.К.Звездина, А.Ф.Попкова и М.В.Четкина.** А.К.Звездин, А.Ф.Попков и М.В.Четкин (1992) сформулировали мысль о существовании солитонов в ферромагнетике по аналогии с существованием солитонов в других явлениях и процессах. В частности, солитоны существуют в гидродинамике, где их впервые открыл в 1834 году Скотт Рассел, и в явлениях протекания сверхпроводящего тока через зазор между двумя сверхпроводниками. Перед тем, как процитировать фрагмент статьи Звездина, Попкова и Четкина, поясним, что такое блоховские линии (БЛ), уравнение Слончевского и переход Джозефсона. Блоховские линии (БЛ) – это линии, разделяющие между собой участки доменной границы в ферромагнетике. Уравнение Слончевского – это формула, описывающая передачу спинового момента в ферромагнитных кристаллах. В упрощенной модели Слончевского передача спинового момента считается однородно распределенной по толщине переключаемого слоя. Переход Джозефсона – это протекание сверхпроводящего тока через тонкую прослойку между двумя сверхпроводниками. А.К.Звездин, А.Ф.Попков и М.В.Четкин в статье «Динамика солитонов в доменной границе ферромагнетика» (УФН, 1992, декабрь) пишут: «Естественно допустить, что кластерам БЛ можно поставить в соответствие многосолитонные математические структуры. Хотя уравнения Слончевского не относятся к известным классам интегрируемых систем, такая ассоциация является достаточно содержательной, тем более, что уравнения Слончевского обладают важной асимптотикой, в которой они переходят в обобщенное уравнение синус-Гордона. С учетом затухания и внешней накачки эта асимптотика полностью изоморфна уравнениям распределенного перехода Джозефсона, в котором

солитонные решения хорошо исследованы теоретически и экспериментально. Это говорит о том, что в динамике БЛ и их кластеров, особенно в процессах их столкновений, можно ожидать проявление солитонных свойств» (Звездин, Попков, Четкин, УФН, 1992, с.152).

**640) Аналогия О.Карнала, Д.Млынека и Д.Притчарда.** О.Карнал, Д.Млынек и Д.Притчард (1991) пришли к идее о создании атомного интерферометра, основанного на интерференции пучков атомов, по аналогии со световым интерферометром, в котором используется процесс интерференции световых волн. Попутно отметим, что радиоволновой интерферометр, основанный на интерференции радиоволн, был создан также по аналогии со световым интерферометром. Одной из исходных посылок идеи О.Карнала, Д.Млынека и Д.Притчарда послужило экспериментальное наблюдение интерференции атомных пучков, находящихся в среде с очень низкой температурой. Эта интерференция была аналогична интерференции световых волн. Стивен Чу в Нобелевской лекции «Управление нейтральными частицами» (УФН, 1999, март) отмечает: «К январю 1991 г., вскоре после наблюдения интерференционных полос, мы узнали, что группа в Констанце под руководством Юргена Млынека реализовала вариант двухщелевого атомного интерферометра Юнга, а группа из МТИ под руководством Дэйва Притчарда сумела создать решеточный интерферометр. В нашем интерферометре вместо теплового пучка атомов использовался фонтан атомов, охлажденных лазером» (Чу, УФН, 1999, с.285).

**641) Аналогия Вольфганга Кеттерле.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2001 год В.Кеттерле (1996) пришел к идее о создании атомного лазера, основанного на когерентном движении атомов вещества, перешедшего в состояние конденсата Бозе-Эйнштейна (БЭК) при очень низкой температуре, по аналогии с обычным лазером, в котором когерентность световой волны достигается специальной накачкой. Основанием для данной аналогии послужило обнаружение интерференции двух бозе-конденсатов – чисто волнового явления, открытого для световых лучей Томасом Юнгом еще в 19 веке. Дмитрий Паращук в статье «Когерентные волны материи» (журнал «Химия и жизнь», 2007, № 3) пишет: «А как получить когерентные атомные пучки? Идея проста: надо аккуратно вывести запертые в ловушку когерентные атомы из БЭК, подобно тому, как излучение лазера выводится из его резонатора с помощью полупрозрачного зеркала. Такое устройство назвали атомным лазером. Первый атомный лазер в 1997 году создал все тот же В.Кеттерле. В таком лазере магнитная ловушка из двух катушек удерживает атомы натрия, образующие БЭК» (Д.Паращук, 2007). Сам В.Кеттерле в своей Нобелевской лекции «Когда атомы ведут себя как волны. Бозе-эйнштейновская конденсация и атомный лазер» (УФН, 2003, декабрь) говорит: «В июле 1996 г. мы получили первые результаты по РЧ выходному клапану и впервые увидели интерференционные полосы, когда два конденсата, разделенные полосой зеленого света, перекрылись при баллистическом расширении» (Кеттерле, УФН, 2003, с.1352). «Интерференция двух лучей света, - повествует В.Кеттерле, - впечатляющее зрелище, но для атомов это выглядит еще более поразительно. Деструктивная интерференция атомных волн означает, что атом плюс атом дает вакуум! Наличие интерференции было настолько убедительным, что мы сразу же отправили статью по результатам одного-единственного эксперимента» (там же, с.1352). Далее В.Кеттерле раскрывает аналогию, которую он использовал в своих рассуждениях: «Поскольку атомы представляют собой волны де Бройля, существует аналогия между атомами и светом, который состоит из электромагнитных волн. Это используется в атомной оптике, когда атомы отражаются, дифрагируют и интерферируют на различных атомно-оптических элементах. Один из важных вопросов заключается в том, можно ли распространить эту аналогию на оптический лазер, действие которого основано на усилении света. Создав в 1997 г. элементарный атомный лазер, наша группа решила проблему вывода (или извлечения) атомов из конденсата и проверки их когерентности. Этот процесс усиления атомов происходил во время образования бозе-эйнштейновского конденсата, что в корне отличается от процесса усиления света при его прохождении через активную среду. И

только в 1999 г. наша группа сумела осуществить усиление атомов, проходящих через облако других атомов, которые играют роль активной среды (одновременно с группой в Токио)» (там же, с.1354).

**642) Аналогия В.С.Запасского и Г.Г.Козлова.** В.С.Запасский и Г.Г.Козлов (1999) разработали модель, описывающую динамику спина в магнитном поле, по аналогии с теорией, описывающей пространственную динамику поляризационного преобразования света в анизотропной среде. В.С.Запасский и Г.Г.Козлов в статье «Поляризованный свет в анизотропной среде и спин в магнитном поле» (УФН, 1999, август) отмечают: «На основе формального совпадения уравнения эволюции вектора квазиспина световой волны, распространяющейся в оптически анизотропной среде, с уравнением Блоха для спина в магнитном поле, проанализирована аналогия между эффектами поляризационной оптики и динамики спина в магнитном поле» (Запасский, Козлов, УФН, 1999, с.909). «Пространственная динамика поляризационного преобразования света в анизотропной среде, - поясняют они, - имеет много общего с динамикой спина в магнитном поле. Эта аналогия включает в себя эффекты спиновой прецессии, нутации, магнитного резонанса, двух- и трехимпульсного спинового эха, адиабатического быстрого прохождения и фазовой релаксации. Несмотря на тот факт, что уравнения эволюции вектора квазиспина световой волны, формально совпадающие с уравнениями Блоха, были получены достаточно давно, указанная аналогия, насколько нам известно, до сих пор не была последовательно описана в литературе» (там же, с.909).

**643) Аналогия Виктора Карнаухова.** Российский физик Виктор Александрович Карнаухов (2000) выдвинул гипотезу о возможности фазового перехода «жидкость-газ» в атомном ядре по аналогии с существованием фазового перехода «жидкость-газ» для обычной жидкости при повышении температуры. Основанием данной аналогии послужило сходство уравнения состояния ядерной материи (ядерной жидкости) и уравнения состояния обычной жидкости. В.А.Карнаухов в статье «Горячие ядра и фазовый переход жидкость-газ в ядерном веществе» (журнал «Природа», 2000, № 2) пишет: «В рамках капельной модели успешно описываются основные характеристики холодных ядер – масса, энергия связи, энергии отделения частиц – дается объяснение процесса деления тяжелых ядер. Продолжение параллели между ядерным веществом и жидкостью наводит на мысль о возможности фазового перехода жидкость-газ в ядре. Физическим основанием аналогии между ядерным веществом и классической жидкостью служит то, что молекулярные и ядерные силы сходным образом зависят от расстояния. Молекулы, сближаясь, испытывают притяжение, которое затем сменяется отталкиванием (силы Ван-дер-Ваальса). Ядерные силы ведут себя аналогично, хотя и в совершенно ином масштабе энергий и расстояний. В результате уравнение состояния ядерной и обычной жидкостей получаются весьма похожими. Удивительная универсальность законов природы» (В.А.Карнаухов, 2000).

**644) Аналогия Фрэнка Вильчека.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2004 год Фрэнк Вильчек высказал идею о том, что кварки являются коллективными возбуждениями адронов, по аналогии с тем, что в дробном квантовом эффекте Холла наблюдаются квазичастицы, которые представляют собой коллективные возбуждения электронов. Ф.Вильчек в своей Нобелевской лекции «Асимптотическая свобода: от парадоксов к парадигмам» (УФН, 2005, декабрь) отмечает: «Например, в дробном квантовом эффекте Холла наблюдаются квазичастицы, которые не являются простейшими, а скорее, представляют собой коллективные возбуждения электронов. При этом такие частицы так же, как и кварки, не могут существовать изолированно, они обладают дробным зарядом и аномальной статистикой! Подобное предполагается и в модели Скирма, где ядра рассматриваются как коллективные возбуждения пионов. Можно было бы предположить, что и для кварков может реализоваться подобный сценарий, в котором они будут коллективными

возбуждениями адронов или более фундаментальных преонов или струн» (Вильчек, УФН, 2005, с.1329).

**645) Аналогия А.И.Олемского и А.В.Хоменко.** Украинские физики А.И.Олемской и А.В.Хоменко (2000) нашли математические уравнения, описывающие процесс стеклования жидкости, по аналогии с уравнениями Эдварда Лоренца, описывающими турбулентные газовые потоки в атмосфере. В статье «Феноменологические уравнения стеклования жидкости» («Журнал технической физики», 2000, том 70, выпуск 6) А.И.Олемской и А.В.Хоменко пишут об уравнениях стеклования жидкости: «Проведена аналогия указанных уравнений с синергетической системой Лоренца, где роль параметра порядка играет деформация, сопряженное поле сводится к упругим напряжениям, а управляющий параметр к температуре» (Олемской, Хоменко, 2000, с.6). «Поскольку стеклование жидкости представляет кинетический переход, - аргументируют указанные ученые, - то в связи со сказанным возникает естественный вопрос, не позволяет ли схема Лоренца, которая дает простейшее описание самоорганизующейся системы [14], построить феноменологическую теорию стеклования жидкости» (там же, с.6).

**646) Аналогия Сергея Сазонова.** Российский физик С.В.Сазонов (2002) выдвинул гипотезу о существовании эффекта акустической индуцированной прозрачности (АИП) на системе электронных и ядерных спинов по аналогии с совокупностью похожих явлений, связанных с оптической индуцированной прозрачностью. С.В.Сазонов в статье «Акустические прозрачность и поглощение, индуцированные электромагнитным полем» (журнал «Письма в ЖЭТФ», 2002, том 76, выпуск 3) пишет: «Анализ развития физики когерентных процессов свидетельствует, в частности, о том, что микроволновые и оптические когерентные эффекты, спустя несколько лет после своего обнаружения, находили акустические аналоги. Данный вывод подтверждается, например, такими явлениями квантовой акустики, как акустический парамагнитный резонанс (АПР) [1] (аналог электронного парамагнитного резонанса (ЭПР)), фононное эхо [2], акустическая самоиндуцированная прозрачность [3-5]» (Сазонов, 2002, с.176). «Отталкиваясь от приведенной параллели, - аргументирует С.В.Сазонов, - можно прийти к выводу, что не лишен смысла поиск эффекта акустической индуцированной прозрачности (АИП) на системе электронных и (или) ядерных спинов. Учитывая, что между образовавшимися во внешнем магнитном поле зеемановскими подуровнями возможны как ЭПР-, так и АПР-переходы, следует предположить возможность поиска АИП при комбинированном (электромагнитно-акустическом) воздействии на кристалл» (там же, с.176). Исходные посылки указанной гипотезы С.В.Сазонова содержатся также в статье А.В.Гулакова и С.В.Сазонова «Эффект электромагнитно-акустической прозрачности в парамагнитном кристалле» (сборник трудов третьей международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики», СПб., октябрь 2004 г.). В данной статье указывается: «В современной нелинейной оптике и квантовой акустике прослеживается такая тенденция, что для оптических когерентных эффектов спустя некоторое время обнаруживались акустические аналоги. Аналогично было и с электромагнитной индуцированной прозрачностью (ЭИП) [1] и ее аналогом – акустической индуцированной прозрачностью (АИП) [2]. Основное отличие АИП от ЭИП заключается в степени замедления групповой скорости» (Гулаков, Сазонов, 2004, с.203). Здесь следует также отметить аналогию С.Мак-Колла и Э.Хана (1967). Эти ученые, экспериментально обнаружив в 1967 году оптическую самоиндуцированную прозрачность в рубине, по аналогии решили, что возможна самоиндуцированная прозрачность и для акустических волн. Гипотеза С.Мак-Колла и Э.Хана подтвердилась в эксперименте Н.С.Шайрена (1970), который обнаружил эффект акустической самоиндуцированной прозрачности на примере взаимодействия ультразвуковой волны с кристаллом оксида магния. И.А.Полуэктов, Ю.М.Попов и В.С.Ройтберг в статье «Эффект самоиндуцированной прозрачности» (УФН, 1974, том 114, выпуск 1) констатируют: «Еще в основополагающей работе Мак-Колла и Хана было отмечено, что эффект,

аналогичный самопрозрачности, может иметь место и для полей другой природы, чем свет. Последнее было подтверждено экспериментально в [104], где было показано, что при взаимодействии ультразвуковой волны с кристаллом MgO, содержащим парамагнитные примесные центры, можно наблюдать резкое падение поглощения, задержку и разбиение на отдельные « $2\pi$ -импульсы» (Полуэктов, Попов, Ройтберг, 1974, с.128).

**647) Аналогия Наиля Садыкова.** Российский физик Н.Р.Садыков (2002) предсказал явление скручивания траектории спиновых частиц по аналогии с оптическим эффектом Магнуса (дополнительным кручением искривленной траектории фотона). Н.Р.Садыков в статье «Влияние поляризации спиновых частиц с полуцелым спином на кривизну и кручение их траекторий» (сборник трудов третьей международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики», Санкт-Петербург, октябрь 2004 г.) пишет о своей работе: «Для спиновых частиц с ненулевой массой по аналогии с фотоном существует в приближении геометрической оптики аналог оптического эффекта Магнуса. Эффект определяется поляризацией (спиральностью) и кривизной траектории частицы. В работе показано, что по аналогии со случаем фотона при движении спиновой частицы по круговой траектории у волнового вектора появляется поперечная к плоскости траектории частицы компонента. Наличие волнового вектора позволяет записать эйконал для частицы» (Садыков, 2004, с.33). «Предсказанный для спиновых частиц с ненулевой массой аналог оптического эффекта Магнуса, - поясняет Н.Р.Садыков, - может проявляться при рассеянии протона в кулоновском поле ядра, при распространении нейтронов в нейтроноводах, в электростатических линзах, в нейтронных линзах, магнитных линзах на основе ультрахолодных нейтронов» (там же, с.33). Отметим, что оптический эффект Магнуса, по аналогии с которым Н.Р.Садыков предсказал совершенно другой эффект, был теоретически предсказан Б.Я.Зельдовичем и В.С.Либерманом (1990). Этот эффект был экспериментально открыт тем же Б.Я.Зельдовичем в 1991 г. совместно с А.В.Дугиным, Н.Д.Кундиковой и В.С.Либерманом (1991). Оптический эффект Магнуса, иначе называемый оптическим эффектом пинг-понга или спиновым эффектом Холла для фотонов, приводит к дополнительному кручению искривленной траектории фотона.

**648) Аналогия Максима Чернодуба.** Российский физик М.Н.Чернодуб (2007) развил математическое описание непертурбативных эффектов в квантовой хромодинамике (КХД), которая является основой физики сильных взаимодействий, по аналогии с теорией нематических жидких кристаллов. Другими словами, ряд идей и методов физики конденсированных сред перенесены в физику сильных взаимодействий. Напомним, что значительный вклад в теорию жидких кристаллов внес лауреат Нобелевской премии по физике за 1991 год Пьер-Жиль де Жен, который разрабатывал данную теорию по аналогии с теорией сверхпроводимости Ландау-Гинзбурга. М.Н.Чернодуб в автореферате диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук «Топологические структуры как пробники непертурбативных свойств квантовой хромодинамики» (2007) пишет о своей работе: «Предложены новые непертурбативные подходы к динамике глюонов, основанные на аналогиях с физикой конденсированных сред. В частности, показана связь неабелевой теории поля (в простейшем случае двух цветов) с моделью нематического жидкого кристалла, что подтверждается совпадением рода перехода и класса универсальности этих разных систем» (Чернодуб, 2007, с.4). М.Н.Чернодуб определил новые топологические дефекты в КХД по аналогии с топологическими дефектами (дисклинациями, вихрями, точечно-подобными дефектами), которые обнаружены у нематических жидких кристаллов. Кроме того, М.Н.Чернодуб дал интерпретацию фазового перехода в квантовой хромодинамике по аналогии с фазами нематических кристаллов. В том же автореферате российский ученый отмечает: «Следуя общей идее поиска аналогий КХД и физики конденсированных сред, во второй части пятой главы рассмотрена возможная связь неабелевой теории поля с физикой нематических жидких кристаллов. Показано, что реализация жидкокристаллической

структуры в КХД вполне возможна в калибровке Ландау, в которой калибровочная симметрия фиксируется с точностью до глобальной подгруппы калибровочной группы. Как следствие развитого здесь формализма, появляется возможность определения новых топологических дефектов в КХД, являющихся прямыми аналогами дисклинаций («вихрей») и точечно-подобных дефектов («монополей») в нематических жидких кристаллах. В работе предлагается интерпретация фазового перехода в КХД по аналогии с фазами нематических кристаллов. Показана связь  $SU(2)$  глюодинамики с нематическим жидким кристаллом, что косвенно подтверждается совпадением рода перехода и класса универсальности этих различных систем» (Чернодуб, 2007, с.18). М.Н.Чернодуб разработал метод разделения спиновых и зарядовых переменных в КХД по аналогии с эквивалентным методом в физике конденсированного состояния. Отметим, что нематические жидкие кристаллы – это жидкие кристаллы, в которых отсутствует дальний порядок в расположении центров тяжести молекул, у них нет слоистой структуры. Их молекулы скользят непрерывно в направлении своих длинных осей, вращаясь вокруг них, но при этом сохраняют ориентационный порядок: длинные оси направлены вдоль одного преимущественного направления. Они ведут себя подобно обычным жидкостям.

### Глава 3 Аналогии в области астрономии

**1) Аналогия Анаксагора.** Древнегреческий мыслитель Анаксагор (5 век до нашей эры) выдвинул гипотезу о том, что окружающая нас Вселенная возникла из космического вихря, по аналогии с вихревым движением, которое часто можно наблюдать на земле, в обыденной жизни. Известным следствием вихревого движения является разделение легких и тяжелых частиц, затягивание вещества к центру водоворота. А.И.Еремеева и Ф.А.Цицин в книге «История астрономии» (1989) пишут об Анаксагоре: «Он считал, что развитие мира начинается в инертной материи под воздействием активного агента – мирового Ума («Нус») с возникновением вращения в одной области пространства. Подобно водовороту или вихрю, такое вращение затягивает в себя все более далекие области первичной смеси. Вращение приводит к разделению стихий на слои эфира («огня») и воздуха» (Еремеева, Цицин, 1989, с.67).

**2) Аналогия Рене Декарта.** Великий математик и философ Рене Декарт (1644) так же, как и Анаксагор, сформулировал представление о том, что в основе динамических процессов, происходящих во Вселенной, лежит вихревое движение, по аналогии со своими наблюдениями над свойствами вихрей в земных условиях. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) указывает: «Наблюдения над вихрями и размышления об их удивительных свойствах, вероятно, побудили знаменитого французского философа и математика Рене Декарта (1596-1650) положить вихревое движение в основу объяснения всего наблюдаемого мира» (Филиппов, 1990, с.60). В статье «Вихревая космогония» (электронный сайт «Астрогалактика») указывается: «Традиция применения гидродинамики к проблемам космогонии восходит к истокам науки нового времени, когда ее классики использовали образы космических вихрей и другие гидродинамические идеи и понятия в гипотезах происхождения Солнечной системы. Первым был И.Кеплер; еще в 1609 г. он рисовал Солнце в центре некоего мощного вихря, который разбрасывает планеты по их орбитам и заставляет их вращаться вокруг Солнца. Р.Декарт, обобщая эту картину на всю Вселенную, писал в 1644 г., что в процессе формирования космических тел мировое пространство было заполнено огромным числом вихрей разнообразной формы и размеров» (сайт «Астрогалактика»).

**3) Аналогия Пьера Мопертюи.** Пьер Мопертюи (1698-1759) высказал идею о вращении космических туманностей (галактик) по аналогии с вращением планет Солнечной системы. Основанием для проведения этой аналогии послужило то, что орбиты планет Солнечной системы имеют эллиптическую форму, и такую же форму Мопертюи обнаружил у далеких космических туманностей. Этот вывод Мопертюи оказал сильное влияние на Иммануила Канта при разработке им небулярной гипотезы, в которой постулируется, что планеты образовались из солнечного вещества, находившегося в состоянии вращательного (вихревого) движения. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) пишет о Мопертюи: «В сочинении 1742 г. «Рассуждение о фигуре звезд» он рассмотрел проблему маленьких светлых пятен на небе, или туманных звезд, используя новые списки таких объектов Гевелия и Галлея (явно по статье Дерхэма 1733 г.). Как писал позднее Кант об этом сочинении Мопертюи, именно оно обратило его внимание на «звездные туманности... которые имеют форму более или менее открытых эллипсов» и что сам Мопертюи «считает их большими светящимися массами, которые сплюснулись от чрезвычайно сильного вращения». Этот второй вывод... был правильным и оказал сильное влияние на Канта при разработке им своей космологической концепции» (Еремеева, 1984, с.95).

**4) Аналогия Жоржа Бюффона.** Жорж Луи Леклерк Бюффон (1749) создал свою космогоническую гипотезу, согласно которой планеты образовались из вещества Солнца, в связи с чем первоначально они были раскаленными светящимися телами, но затем постепенно остыли, по аналогии с исследованиями В.Уистона, Г.Лейбница, П.Мопертюи. Заимствовав по аналогии у каждого из этих ученых определенную идею, он в последующем объединил (синтезировал) их в единую картину. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) пишет о Бюффоне: «Он создал свою космогоническую гипотезу, объединив три разрозненно высказанных идеи: о возможности столкновения комет с Солнцем (В.Уистон, уже упоминавшийся выше); о том, что Земля, обладающая внутренним теплом, могла быть прежде самосветящимся телом вроде звезды, а затем застыла с поверхности (Г.Лейбниц, 1683, подробнее в 1748 г. в книге «Протогея»), наконец, о сплюснутости вращающихся жидких тел (идея П.Мопертюи)» (Еремеева, 1984, с.104). На примере космогонической гипотезы Бюффона мы имеем возможность наблюдать аналогию с последующим синтезом.

**5) Аналогия Томаса Райта.** Томас Райт (1742, 1750) сделал вывод о вращении звезд вокруг общего центра тяготения, воспользовавшись той же аналогией, что и Мопертюи с Кантом, а именно аналогией с вращением планет Солнечной системы. Существенную роль в формулировке данного вывода Райта сыграло то, что ему были известны некоторые открытия Эдмунда Галлея, книга астронома В.Уистона, в которой описывался закон всемирного тяготения Ньютона, а также гипотеза Ньютона о том, что в случае конечности Вселенной все звезды должны сблизиться и в конце концов упасть друг на друга. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) указывает: «Райт знал также об открытии Галлеем (1718) собственных движений у трех ярких звезд. Из этого Райт сделал правильный вывод, что звезды должны обращаться вокруг общего центра (по аналогии с планетами), чтобы не упасть на него. Но центр звездной Вселенной Райт представлял как «божественный» источник самой правильности, упорядоченности Вселенной» (Еремеева, 1984, с.99). Далее А.И.Еремеева пишет о книгах астронома В.Уистона (1667-1752), с которыми успел познакомиться Т.Райт: «...Из этих книг Райт узнал о законе всемирного тяготения и о том, что в случае конечности Вселенной все звезды, если они вначале были неподвижны, должны были бы сблизиться и в конце концов упасть друг на друга в центре Вселенной» (там же, с.99).

**6) Аналогия Жан-Жака де Мерана.** Французский астроном и математик Ж.Ж. де Меран (1733) выдвинул предположение о способности звезд выбрасывать в окружающее пространство огромные потоки вещества, которые могли бы выглядеть как туманные пятна в небесах, по аналогии со своей идеей о потоках вещества, выбрасываемых Солнцем и вызывающих северные сияния на Земле. Впоследствии И.Кант использовал эти представления де Мерана при разработке концепции формирования звезд и планет из газопылевой туманности. В.Г.Сурдин и С.А.Ламзин в книге «Протозвезды. Где, как и из чего формируются звезды» (1992) отмечают: «Разрабатывая свою концепцию формирования звезд и планет, Кант, вероятно, был знаком с работой Жан-Жака Дорту де Мерана «Физический и исторический трактат о северном сиянии» (1733 г.), в котором впервые были выдвинуты обоснованные предположения о природе туманностей. Исследуя северное сияние, Меран обратил внимание на солнечную корону, наблюдаемую во время затмений, и предположил, что потоки солнечного вещества, вторгаясь в атмосферу Земли, становятся причиной ее свечения. А далее он предположил, что у некоторых звезд эти потоки могут быть значительно сильнее, чем у Солнца. «Вещество, выбрасываемое такими звездами, могло бы выглядеть как туманные пятна в небесах», - заключил Меран. В свою очередь, Кант разработал концепцию превращения разряженных туманностей в звезды и планеты. Так в середине 18 века окончательно сформировалась идея об обмене веществом между звездами и межзвездной средой» (В.Г.Сурдин, С.А.Ламзин, 1992).



«Внешняя жизнь Канта текла размеренно и однообразно, может быть, даже монотоннее, чем у людей его рода занятий. Это не скажешь о жизни внутренней, о жизни его духа. Здесь происходили удивительные свершения. Рождались дерзновенные идеи, крепили, вступали в единоборство с другими, гибли или мужали в борьбе. Мысль скиталась по континентам, устремлялась за земные пределы, пытаясь достичь границ универсума».

А.Гулыга об Иммануиле Канте

**7) Аналогия Иммануила Канта.** Иммануил Кант (1755) высказал идею о вращении Млечного Пути и других космических туманностей, руководствуясь четырьмя аналогиями. Во-первых, Кант по аналогии опирался на исследования П.Мопертюи, который связал эллиптическую форму космических туманностей с их вращением. Во-вторых, Кант отталкивался от аналогии с вращением спутников Сатурна. Историк астрономии Ч.Уитни в книге «Открытие нашей Галактики» (1975) пишет: «Кант принял дисковидную модель и разработал физические принципы, которые Райт оставлял без внимания. По аналогии с кольцами Сатурна, которые он рассматривал как рои частиц, вращающихся вокруг этой планеты, Кант предположил, что форма туманных звезд и Млечного Пути может объясняться их вращением» (Уитни, 1975, с.66). Далее Ч.Уитни подчеркивает: «Вильям Гершель, который к тому времени издал уже несколько работ о строении Млечного Пути и туманностей, объявил, что ему удалось заметить вращение внутреннего кольца Сатурна. Предполагаемое вращение этого кольца служило одной из ключевых аналогий в кантовских рассуждениях о Млечном Пути...» (Уитни, 1975, с.68). В-третьих, как и Мопертюи, Кант использовал аналогию с вращением планет Солнечной системы. В книге «Астрономия» (2006) М.Аксенова, В.Володин, А.Элиович и В.Цветков констатируют: «Кант отметил, что со стороны кольцо Млечного Пути будет выглядеть как диск, а овальные и круглые туманности (вроде туманности Андромеды) он классифицировал как далекие млечные пути (мы бы сказали галактики). Он указал на дискообразность галактик как на результат их вращения и действия в них тяготения и провел глубокую аналогию между Солнечной системой и системой Млечного Пути, одинаково управляемых тяготением. Его вывод звучал поразительно современно: подобно тому, как Солнечная система включает в себе планетный диск и клубок кометных орбит, так и система звезд (галактика) имеет два типа «населения» - звезды диска, слитые в молочную полосу, и яркие звезды сферической составляющей, рассеянные по всему небу» (Аксенова, Володин, Элиович, Цветков, 2006, с.148). В-четвертых, Кант по аналогии опирался на предположение Т.Райта о том, что далекие туманности могут быть упорядоченными звездными системами. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) подчеркивает: «Кант почерпнул у Райта его гениальную идею о возможности существования и других упорядоченных звездных систем под видом «туманностей». Эту замечательную мысль Кант сразу же предпочел другим объяснениям природы туманностей...» (Еремеева, 1984, с.106). О том, что космогоническая концепция Канта по аналогии заимствовала некоторые положения концепции Т.Райта, пишет В.И.Вернадский в книге «О науке» (1997) «Кант первый попытался дать представление о происхождении Вселенной, предполагая ее во все времена и во всех своих частях подчиненной механическим законам, выведенным Ньютоном. Он изошел при этом из обобщений над строением звездного свода, данных Райтом, главным образом, из его идеи о Млечном Пути, как о проекции на наш небесный свод слоя или диска звезд, составляющих одну определенную мировую систему. Райт положил свои обобщения в основу несколько фантастической космогонии, но ими воспользовался Кант для того, чтобы объяснить наблюдаемые правильности, исходя из всемирного тяготения» (Вернадский, 1997, с.93).

**8) Аналогия Иммануила Канта.** Предположение И.Канта о наличии светящегося хвоста у Земли, обусловленного воздействием светового излучения Солнца, возникло по аналогии с наличием светящихся хвостов у комет. Светящийся хвост у Земли был открыт в 40-е годы 20 века русским астрономом И.С.Астаповичем.

**9) Аналогия Иммануила Канта.** И.Кант выдвинул предположение о возникновении Солнца и планет из одного и того же вещества, когда узнал от Бюффона о сходстве (аналогии) плотности вещества Солнца и плотности массы всех планет, вместе взятых. Бюффон имел в виду сложение масс Сатурна, Юпитера, Земли и Луны, пренебрегая массами Марса, Венеры и Меркурия. Замечание Бюффона о том, что плотность вещества Солнца приблизительно равна той плотности, которую имела бы масса всех планет, вместе взятых, было очень важным для исследований Канта. Об этом говорит сам И.Кант в 1-ом томе «Собраний в шести томах» (Москва, «Мысль», 1963). Правда, Кант делает вид, что совпадение плотности планет и Солнца предсказала его теория образования Солнечной системы, но в действительности, именно это совпадение и послужило исходной посылкой его вывода об образовании планет и Солнца из одного вещества. Кант пишет о своем выводе: «Этот необходимый вывод из нашей теории находит себе счастливое подтверждение в том сопоставлении плотности всей планетарной материи и плотности Солнца, которое сделал достославный философ г-н Бюффон; он нашел между ними отношение 640 к 650. Коль скоро естественные и необходимые выводы из какой-то теории находят себе столь счастливые подтверждения в действительных соотношениях природы, можно ли думать, что такое совпадение между теорией и наблюдением есть результат простой случайности?» (Кант, 1963, с.171).

**10) Аналогия Эммануэля Сведенборга.** Эммануэль Сведенборг пришел к мысли о том, что полоса Млечного Пути соответствует некоторому особому направлению (оси) распределения звездных масс по аналогии с правильным, закономерным распределением мельчайших частиц железа относительно магнита. Сведенборг очень много занимался изучением магнитных явлений, поэтому такая аналогия была для него вполне естественной. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) указывает: «В 18 веке магнитную концепцию природы Млечного Пути предложил Э.Сведенборг. В наше время идея быстро вращающейся молодой звезды, которая своим магнитным полем увлекает окружающую ионизованную материю, нашла применение уже на совершенно ином уровне, в планетной космогонии Ф.Хойла» (Еремеева, 1984, с.69). «В основу космологической картины мира, - поясняет А.И.Еремеева, -Сведенборг положил идею, согласно которой все явления и процессы в природе независимо от масштабов должны подчиняться некоторым общим принципам. Занимаясь особенно много изучением магнитных явлений, он считал, что правильное распределение мельчайших частиц материи относительно магнита должно проявляться и в распределении колоссальных космических тел – солнц. Отсюда он сделал вывод, что полоса Млечного Пути должна соответствовать некоторому особому направлению, относительно которого упорядочены звезды. Это направление понималось им как «ось» системы звезд (аналогично оси магнита), либо как ее экватор» (там же, с.97).

**11) Аналогия Иоганна Ламберта.** Иоганн Ламберт (1761) высказал мысль о существовании двойных звезд и двойных галактик по аналогии с существованием планет, имеющих свои спутники. В.Г.Сурдин и С.А.Ламзин в книге «Протозвезды. Где, как и из чего формируются звезды» (1992) пишут: «Любопытно, что в 18 веке теоретическая космогония явно опережала наблюдательную. Опираясь на закон всемирного тяготения и на имеющиеся немногочисленные астрономические факты, физики и философы (часто представленные в одном лице) пытались уже в первой половине 18 века построить непротиворечивые космогонические модели. Особенно впечатляющими были работы Томаса Райта (1711-1786) «Теория Вселенной» (1750 г.), Иммануила Канта (1724-1804) «Общая естественная история и теория неба» (1755 г.) и Иоганна Ламберта (1728-1777) «Космологические письма об

устройстве Вселенной» (1761г.). В этих работах высказывались правильные догадки о форме и движении Млечного Пути, а также о звездной природе других туманностей эллиптической формы. В них даже предсказывалось существование физически двойных звезд и систем, состоящих из галактик (Ламберт)» (В.Г.Сурдин, С.А.Ламзин, 1992).

**12) Аналогия Джона Мичела.** Д.Мичел (1783) независимо от Лапласа и раньше него выдвинул идею о существовании небесных тел, притягивающих свет с такой силой, что он не может покинуть поверхность этих тел, руководствуясь следующей аналогией. Из исследований И.Ньютона Мичел знал, что гравитация тормозит пушечные ядра. Из этих же исследований ему было известно, что свет – это корпускулы, траектория которых подобна траектории пушечных ядер. Рассуждая по аналогии, Мичел решил, что если гравитация тормозит пушечные ядра, то она должна тормозить и световые корпускулы. Александр Венедюхин в статье «Дыра из дыр» (газета «Союз еже», 2004, июнь) пишет: «Так, еще в конце 18 века английский ученый Джон Мичел, попав под воздействие корпускулярной теории света и «открытого» Ньютоном всемирного тяготения, высказался о возможности существования настолько массивных звезд, что их гравитация будет «возвращать весь испущенный звездой свет обратно». Логика Мичела не сложна: мол, раз гравитация тормозит пушечные ядра, то и корпускулы света тоже должна задерживать. Немного подумав, Мичел высказал суждение, что таких «черных звезд» много, просто их не видно» (А.Венедюхин, 2004).

**13) Аналогия Вильяма Гершеля.** Вильям Гершель высказал идею о слоистом расположении космических туманностей, о существовании протяженных пластов этих туманностей в пространстве Вселенной по аналогии со слоистым строением нашей планеты, то есть по аналогии с наличием геологических пластов, хранящих долгую историю эволюции земли. Перечисляя две концепции крупномасштабной структуры Вселенной эпохи В.Гершеля, А.И.Еремеева констатирует: «Тогда же наметились две концепции крупномасштабной структуры такой Вселенной. Одна набрасывала захватывающую дух картину правильной иерархической структуры Вселенной, по аналогии с Солнечной системой (Э.Сведенберг, И.Кант, И.Г.Ламберт). Другая зародилась в наблюдениях В.Гершеля, открывшего признаки принципиально иной, неиерархической крупномасштабной структуры Вселенной, где туманности оказывались собранными в скопления и еще более сложные неправильные объединения – протяженные пласты, и некоторые, как показывали наблюдения, даже пересекались в пространстве. Это навело Гершеля на другую аналогию – между структурой Вселенной и строением нашей планеты с ее геологическими пластами, хранящими долгую историю ее эволюции» (Еремеева, 1984, с.175). Об этой же аналогии А.И.Еремеева и Ф.А.Цицин пишут в книге «История астрономии» (1989): «В наблюдаемой им картине пластообразного распределения туманностей Гершель усматривал аналогию с картиной геологических пластов, в которых раскрывалась история Земли (такие идеи относительно Земли развивали в 18 веке первые эволюционисты – Бюффон, 1749, и П.С.Паллас, 1777)» (Еремеева, Цицин, 1989, с.216).

**14) Аналогия Иоганна Ламонта.** Немецкий астроном Иоганн Ламонт (1851) пришел к выводу, что причиной периодичности изменений интенсивности магнитного поля Земли является периодичность солнечной активности, основываясь на совпадении (аналогии) периода активности Солнца и земного магнитного поля (10,3 года). Независимо от него ту же мысль высказал английский астроном Эдуард Сэбин (Я.Фолта, Л.Новы, «История естествознания в датах», 1987). Алексей Левин в статье «Пятнистые бури: Солнце» (журнал «Популярная механика», декабрь 2008 г.) указывает: «На середину XIX столетия пришлось и первая демонстрация связи между солнечной активностью и магнетизмом. Немецкий астроном Иоганн фон Ламонт и англичанин сэр Эдвард Сэбин заметили, что изменения числа

пятен хорошо коррелируют с колебаниями величины земного магнитного поля» (А.Левин, 2008).

**15) Аналогия Корнелия Истона.** Голландский ученый Корнелий Истон выдвинул гипотезу о том, что Млечный путь является спиральной галактикой, по аналогии со спиральным строением галактики «Туманность Андромеды».

**16) Аналогия Э.Броуна.** Догадка астронома Э.Броуна (1900) о том, что планеты силой своего притяжения вызывают приливы в газообразном веществе Солнца, возникла у него по аналогии с морскими приливами и отливами на Земле, которые вызывает Луна.

**17) Аналогия Германа Гельмгольца и Уильяма Томсона.** Г.Гельмгольц и У.Томсон (лорд Кельвин) разработали теорию сжатия звезды под действием тяготения по аналогии с молекулярно-кинетической теорией, описывающей поведение изолированного идеального газа. Ч.Уитни в книге «Открытие нашей Галактики» (1975) указывает: «В пятидесятых годах 19 века Г.Гельмгольц и У.Томсон (лорд Кельвин) разработали простую и убедительную теорию, описывающую сжатие звезды и опирающуюся на представление о звезде как об изолированной массе идеального газа. (...) Тепло и свет, согласно этой теории, возникали в результате сжатия газа под действием тяготения» (Уитни, 1975, с.150).

**18) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре (1890) сформулировал в небесной механике теорему о возвращении, согласно которой система из материальных точек, обладающих массами и движущихся по законам механики, через некоторое время обязательно должна вернуться в состояние, весьма близкое к первоначальному, руководствуясь аналогией. В частности, А.Пуанкаре исходил из аналогии с исследованиями Симеона Дени Пуассона (1809), который предложил новое определение устойчивости в небесной механике, которым не владели Лаплас и Лагранж. Ф.Диаку и Ф.Холмс в книге «Небесные встречи. Истоки хаоса и устойчивости» (2004) пишут: «...Пуассон предложил новое определение устойчивости, отличающееся от определения Лапласа и Лагранжа. Его предшественники требовали, чтобы главные оси эллипсов (эллипсов орбит планет – Н.Н.Б.) оставались в рамках некоторых пределов. Дени Пуассон так не считал. Он сказал, что движение системы частиц устойчиво, если ее конфигурация снова и снова возвращается в окрестность начального положения. Хотя в этом смысле устойчивыми являются и точки равновесия вроде тех, что изображены на рисунках 1.6 b и d, это определение гораздо более обширно и включает другие движения, устойчивость которых не столь очевидна. Определение устойчивости Пуассона стало отправной точкой для теоремы Пуанкаре о возвращении, о которой мы упоминали в конце второй главы» (Диаку, Холмс, 2004, с.185). К сожалению, мы не можем показать рисунки, на которые ссылаются авторы книги «Небесные встречи».

**19) Аналогия Джеймса Джинса и Карла Шварцшильда.** Д.Джинс и К.Шварцшильд сформулировали закон распределения скоростей для звезд, движущихся в космическом пространстве, по аналогии с законом распределения скоростей молекул, открытым Д.Максвеллом. Они хотели распространить одну из закономерностей кинетической теории газов (статистической физики) на область астрофизических явлений (А.В.Козенко, «Джеймс Хопвуд Джинс», 1985). Несмотря на то, что в некоторых работах данный закон распределения скоростей для звезд подвергается сомнению, многие крупные ученые считают его справедливым. Так, Б.Б.Кадомцев в книге «Коллективные явления в плазме» (1976) пишет: «Известно, что в нашей Галактике распределение звезд по скоростям напоминает максвелловское (с небольшой анизотропией температур)» (Кадомцев, 1976, с.227). Об этом же говорят известные астрофизики Л.С.Марочник и А.А.Сучков в статье «Проблема спиральной структуры галактик» (журнал «Успехи физических наук», 1974, том 112, выпуск 2): «Наблюдения показывают, что распределение в Галактике в окрестности Солнца близко к

шварцшильдовскому (анизотропное максвелловское распределение). Исследование некоторых возможных механизмов релаксации также приводит к этому распределению (например, [62-64]). Можно думать, что это распределение реализуется в большей части галактики, хотя уверенности в этом нет» (Марочник, Сучков, 1974, с.285).

**20) Аналогия Джеймса Джинса.** Закон постоянства фазовой плотности, сформулированный Д.Джинсом (1915) в звездной динамике, был выведен известным ученым по аналогии с законом фазовой плотности Гиббса и Больцмана в кинетической теории газов. В свою очередь, Гиббс и Больцман открыли этот закон в теории газов по аналогии с теоремой Лиувилля о сохранении фазового пространства в механических системах (А.В.Козенко, «Джеймс Хопвуд Джинс», 1985).

**21) Аналогия Джеймса Джинса.** Д.Джинс пришел к выводу о существовании в недрах звезды такого эффекта, как вязкость излучения, обусловленная давлением света, по аналогии с наличием вязкости газа, обладающего давлением. Молекулярный механизм вязкости связан с переносом момента количества движения от одного слоя жидкости, в которой имеется градиент скорости, в другой. Так как в звезде распространяется излучение, обладающее моментом количества движения, то обмен моментом создает эффективную вязкость (А.В.Козенко, «Джеймс Хопвуд Джинс», 1985).

**22) Аналогия Джеймса Джинса.** Джеймс Джинс (1904) сформулировал гипотезу о том, что источником неиссякаемой энергии звезд является энергия атомов (Джинс первоначально говорил о выделении атомами радиоактивного тепла) по аналогии с экспериментами П.Кюри и А.Лаборда (1903), которые обнаружили самопроизвольное выделение тепла радиоактивными элементами. Другими словами, Д.Джинс по аналогии экстраполировал на звездную Вселенную явление, обнаруженное в земных условиях. А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) указывает: «Из тупика науку вывел в начале 20 века выдающийся английский физик и астрофизик Джеймс Хопвуд Джинс (1877-1946). В 1904 г. он смело экстраполировал на звездную Вселенную открытие, сделанное в 1903 г. П.Кюри и А.Лабордом – самопроизвольное выделение тепла радиоактивными элементами. Механизм излучения за счет радиоактивности он представлял как аннигиляцию вещества, откуда заключил, что излучение звезд (если оно одной природы с радиоактивностью) также не зависит от температуры внутри них» (Еремеева, 1984, с.146).

**23) Аналогия Джеймса Джинса.** Д.Джинс построил теорию «жидких» звезд, когда по аналогии перенес на поведение быстро вращающейся звезды свойства вращающейся несжимаемой тяжелой жидкости, изученные некоторыми математиками (А.Пуанкаре и А.Ляпуновым). А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) констатирует: «Для теоретического исследования возможной эволюции звезд Джинс допускал аналогию в поведении быстро вращающейся звезды и массы вращающейся же несжимаемой тяжелой жидкости и развил свою теорию «жидких звезд» (Еремеева, 1984, с.147).

**24) Аналогия Артура Эддингтона.** Артур Эддингтон (1916, 1918) построил теорию внутреннего строения звезд, руководствуясь рядом аналогий. Во-первых, теория Эддингтона была создана по аналогии с термодинамической теорией лучистого равновесия, развитой М.Планком (1900) и другими учеными. Во-вторых, Эддингтон экстраполировал на проблему строения звезд открытие светового давления, сделанное П.Н.Лебедевым (1908). А.И.Еремеева в книге «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) пишет об Эддингтоне: «В 1916-1918 гг. он развил первую, учитывающую «новую физику 20 века», теорию внутреннего строения звезд. Основой ее стала термодинамическая теория лучистого равновесия, успешно примененная в 1906 г. к звездным атмосферам К.Шварцшильдом, а также экспериментальное

открытие П.Н.Лебедевым светового давления на газы (1908)» (Еремеева, 1984, с.147). «Опираясь на эти представления, - поясняет А.И.Еремеева, - Эддингтон распространил теорию лучистого равновесия на внутренние части звезды. Он сделал вывод о существенной роли в звездных недрах светового давления, которое, наряду с обычным газовым давлением, должно уравновешивать тяготение вещества звезды. На этих основаниях Эддингтон построил первую математическую теорию равновесной газовой излучающей звезды» (там же, с.148). Основанием для проведения такой аналогии послужили исследования Д.Джинса (1917), который установил, что высокие температуры делают недра звезды полностью ионизированными, похожими на идеальный газ, который можно описывать средствами молекулярно-кинетической теории, разработанной Максвеллом, Больцманом, Гиббсом и другими. А.И.Еремеева и Ф.А.Цицин в книге «История астрономии» (1989) подчеркивают: «Ключ к загадке был найден Джинсом. В 1917 г. он обратил внимание на то, что при звездных температурах вещество в недрах звезды должно быть полностью ионизированным. Таким образом, с точки зрения физики оно оказывалось почти идеальным газом из электронов и положительных ядер, доступным математическому описанию» (Еремеева, Цицин, 1989, с.252).

**25) Аналогия А.Эддингтона и С.Чандрасекара.** А.Эддингтон и С.Чандрасекар вывели математическое уравнение равновесия звезды по аналогии с уравнением гидростатического равновесия. Ханс Бете в своей Нобелевской лекции «Источники энергии звезд» (УФН, ноябрь 1968 г.) указывает: «Чтобы получить информацию о внутреннем строении звезд, астрофизики интегрируют два фундаментальных уравнения. Впервые это было сделано Эддингтоном, Чандрасекаром и Стремгеном. Первое уравнение – это уравнение гидростатического равновесия...» (Бете, УФН, 1968, с.395).

**26) Аналогия Карла Шварцшильда.** Карл Шварцшильд, как и Эддингтон, построил первую теоретическую модель звездной атмосферы по аналогии с математической теорией лучистого равновесия. А.И.Еремеева и Ф.А.Цицин в книге «История астрономии» (1989) указывают: «В первое десятилетие 20 века были заложены основы теории звездных атмосфер. Главная заслуга в этом принадлежит немецкому астроному Карлу Шварцшильду (1873-1916), одному из основоположников астрофизики. Шварцшильд распространил на звездные атмосферы и развил математическую теорию лучистого равновесия, согласно которой перенос энергии в атмосфере звезды осуществляется в основном излучением, а конвективным переносом ее можно пренебречь, причем в каждой точке удерживается равновесие поглощенной и излученной энергии. На этом основании Шварцшильд построил первую теоретическую модель звездной атмосферы» (Еремеева, Цицин, 1989, с.252).

**27) Аналогия Ральфа Фаулера.** Р.Фаулер (1926) дал правильное объяснение малых размеров, высокой плотности вещества и высокой поверхностной светимости белых карликов, когда по аналогии перенес в область строения белых карликов статистику Ферми-Дирака (1926) и содержащееся в ней понятие вырожденного электронного газа. В.В.Иванов в статье «Белые карлики» (сайт «Астронет», 2002) пишет: «В 1926 г. появилась квантовая статистика и понятие вырожденного газа. Это дало ключ к пониманию природы белых карликов. Потребовалось всего несколько месяцев, чтобы Р.Фаулер (Англия) применил эти новые идеи к белым карликам и, казалось, окончательно решил проблему. В чем же здесь дело? В обычном (невырожденном) газе давление, как хорошо известно, пропорционально произведению плотности и температуры. Казалось бы, при абсолютном нуле температуры давление должно обращаться в нуль. Однако если газ состоит из частиц с полуцелым спином – фермионов, в частности, электронов – то при достаточно низких температурах начинает проявляться действие одного из фундаментальных законов микромира, так называемого запрета Паули. Это приводит к тому, что давление сжатого электронного газа остается конечным и при абсолютном нуле, причем величина давления зависит только от плотности,

быстро возрастая при ее увеличении (пропорционально плотности в степени  $5/3$ )» (В.В.Иванов, 2002). Об этой же аналогии Р.Фаулера говорит С.Чандрасекар. В статье «О возрастающем значении общей теории относительности для астрономии» (УФН, 1974, февраль) С.Чандрасекар пишет: «Теперь поставим вопрос: может ли звезда заданной массы, состоящая из данного вещества, достичь состояния нулевой энергии при высокой плотности? Р.Фаулер придал этому вопросу следующую форму: может ли звезда достичь состояния, в котором она может быть описана как гигантская молекула в низшем квантовом состоянии? Пионерское исследование Р.Фаулера 1929 г., опиравшееся на уравнение состояния, которому должен подчиняться электронный газ при увеличении его концентрации при заданной температуре, показало, что подобное состояние, по-видимому, достижимо. Предельная форма уравнения состояния электронного газа, использованная Фаулером, может быть выведена из следующего рассуждения. Мы описываем состояние электронного газа посредством квантовых чисел подобно тому, как мы описываем квантовыми числами электроны в атоме» (Чандрасекар, УФН, 1974, с.312). Об этой же аналогии, позволившей Фаулеру рассмотреть вещество белого карлика как гигантскую молекулу, подчиняющуюся статистике Ферми-Дирака, С.Чандрасекар говорит и в своей Нобелевской лекции «О звездах, их эволюции и устойчивости» (УФН, 1985, март). Правда, С.Чандрасекар называет звезды типа белых карликов черными карликами. Он цитирует один из фрагментов эпохальной статьи Фаулера «Плотное вещество» (1926): «Вещество черного карлика больше всего походит на одну гигантскую молекулу в нижнем квантовом состоянии. Согласно статистике Ферми-Дирака его высокая плотность может быть достигнута одним и только одним путем, который соответствует высокому энергосодержанию. Но эта энергия может расходоваться на излучение не в большей степени, чем энергия нормального атома или молекулы. Единственная разница между веществом черного карлика и нормальной молекулой состоит в том, что молекула может существовать в свободном состоянии, в то время как вещество черного карлика может существовать в этой форме только при очень высоком внешнем давлении» (Чандрасекар, УФН, 1985, с.493-494).

**28) Аналогия Ф.Хоутерманса (Хаутерманса) и Р.Аткинсона.** Ф.Хоутерманс и Р.Аткинсон (1929) сформулировали гипотезу о том, что в основе реакции превращения водорода в гелий, которая является источником энергии звезд, лежит квантовомеханический туннельный механизм проникновения частиц сквозь потенциальный барьер, по аналогии с теорией туннелирования альфа-частиц сквозь потенциальный барьер, разработанной Д.Гамовым (1928). Ознакомившись с теорией альфа-распада атомного ядра Д.Гамова во время беседы с ним в Копенгагене в 1928 году, Ф.Хоутерманс и Р.Аткинсон по аналогии перенесли эффект туннелирования частиц из области атомных ядер в область астрофизики. При этом ученые использовали в своих расчетах ядерных реакций принцип неопределенности Гейзенберга так же, как в свое время Гамов использовал этот принцип при расчетах энергии альфа-частиц, вылетающих из атомного ядра. А.Д.Чернин и В.Я.Френкель в электронной статье «Мировая линия Гамова» (сайт «Астронет», 2004) указывают: «Исключительно плодотворной была конференция 1938 года, на которую Гамов, Теллер и Тьюв пригласили и физиков и астрономов. Ее темой была физическая природа энергии звезд. Всего за десяток лет до того, в 1926 году А.Эддингтон выдвинул предположение о том, что звезды светят из-за того, что в их недрах происходит выделение энергии при ядерных реакциях. Он указал и ядерную реакцию, способную обеспечить необходимое энерговыделение Солнца и других звезд, - превращение водорода в гелий. Оказалось, что для эффективного протекания этой реакции в условиях звездных недр важен тот самый квантовомеханический туннельный механизм проникновения частиц сквозь потенциальный барьер, который действует и в случае альфа-распада. Узнав об этом эффекте из разговора с Гамовым в Копенгагене в 1928 г., Хаутерманс вместе с Аткинсоном тут же использовал его для первого последовательного расчета ядерных превращений в звездах» (А.Д.Чернин, В.Я.Френкель, 2004). Об этой же аналогии Ф.Хоутерманса и Р.Аткинсона пишет В.В.Иванов в статье «Источники энергии

звезд» (сайт «Популярные очерки об астрономии», 2000): «Решение проблемы (проблемы энергии звезд – Н.Н.Б.) пришло с развитием квантовой механики. Согласно принципу неопределенности Гейзенберга, говорить о точном местоположении частицы не имеет смысла – она как бы размазана по некоторой области пространства и с разной вероятностью может быть обнаружена в разных местах. Это, в частности, делает возможным присутствие частицы и в тех областях пространства, где классические законы сохранения энергии и импульса это строго запрещают. В итоге непреодолимый для классической частицы кулоновский потенциальный барьер становится как бы «полупрозрачным» (так называемый туннельный эффект). Первыми на роль этого эффекта для решения загадки источников звездной энергии в 1929 г. указали Р.Аткинсон и Ф.Хоутерманс. Созданная в это же примерно время Г.А.Гамовым теория альфа-распада дала математический аппарат, положенный в конце тридцатых годов в основу количественной теории термоядерных реакций в недрах звезд» (В.В.Иванов, 2000). Наконец, об указанной аналогии Ф.Хоутерманса и Р.Аткинсона пишет Рудольф Киппенхан в книге «100 миллиардов Солнц» (1990): «Загадку об источнике энергии звезд решили физики Роберт Аткинсон и Фриц Хоутерманс. Они воспользовались представлениями Гамова о туннельном эффекте. В марте 1929 г. они послали в редакцию журнала «Аннален дер физик» статью под названием «К вопросу о возможности образования элементов в недрах звезд. Эта работа начиналась словами: «Не так давно Гамов показал, что из атомного ядра могут вылететь положительно заряженные частицы, тогда как по классическим представлениям их энергия недостаточно велика для этого процесса...» (Р.Киппенхан, 1990).

**29) Аналогия Вальтера Фридриха Нернста.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1920 год Вальтер Нернст склонился к заключению о квазистационарном состоянии Галактики, при котором в процессе разрушения одних звезд высвобождается столько же вещества, сколько его тратится на формирование других звезд, используя по аналогии работы Э.Барнарда и Д.Джинса. В.Г.Сурдин и С.А.Ламзин в книге «Протозвезды» (1992) пишут: «В 1916 г. Э.Барнард обнаружил расширяющуюся туманную оболочку, которая образовалась вокруг Новой звезды, вспыхнувшей в созвездии Персея в 1901 г. Это открытие стало одним из первых указаний на возможность обмена веществом между звездами и межзвездной средой. А поскольку примерно в те же годы Дж.Джинс разработал теорию гравитационной неустойчивости разреженной среды и образования из нее звезд, то появились предпосылки для обобщающих взглядов на круговорот космической материи. В 1921 г. немецкий физик В.Нернст (1864-1941) в лекции «Вселенная в свете современных исследований», прочитанной им в Берлинской академии, поставил вопрос о том, возможно ли определенное квазистационарное состояние Галактики, при котором в процессе разрушения одних звезд высвобождается столько же вещества, сколько его тратится на формирование других, образующихся в это же время» (В.Г.Сурдин, С.А.Ламзин, 1992).

**30) Аналогия Карла Янского.** Карл Янский (1934) открыл радиоволны, проникающие в земную атмосферу из космического пространства, когда обратил внимание на следующую аналогию: изучая атмосферные помехи радиоприему, Янский на волне 14,7 м обнаружил периодическое увеличение шумовых помех через каждые 23 часа 56 минут, а этот период аналогичен продолжительности звездных суток в единицах солнечного времени. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1974 год Мартин Райл в статье «Радиоастрономия» (УФН, 1952, апрель) пишет: «Первое определенное доказательство существования радиоизлучения внеземного происхождения было получено в 1932 году Янским, который наблюдал на волне 15 м хаотические сигналы-шумы, интенсивность которых изменялась в течение дня. Первоначально он приписал эти колебания суточным вариациям состояния ионосферы. Однако по истечении нескольких месяцев стало ясным, что они имеют период, равный звездным суткам. Таким образом, источник излучения нельзя было связать с ионосферой или Солнцем, он должен был находиться за пределами Солнечной системы. Дальнейшие

наблюдения показали, что интенсивность излучения была максимальной, когда антенны направлялись в центр Галактики» (М.Райл, УФН, 1952).

**31) Аналогия Мартина Райла.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1974 год М.Райл сформулировал предположение о том, что интенсивное излучение радиоволн характерно для многих звезд Галактики, что звезды нашей Галактики способны излучать радиоволны заметной интенсивности, по аналогии с существованием радиосигналов, излучаемых солнечными пятнами и другими областями Солнца. В статье «Радиоастрономия» (УФН, 1952, апрель) М.Райл пишет: «Вполне естественно проводить аналогию между интенсивным излучением дискретных источников излучения Галактики и повышенным излучением солнечных пятен. С этой точки зрения также важно проверить поляризацию этого излучения и выяснить, поляризовано ли оно по кругу, как излучение солнечных пятен» (М.Райл, УФН, 1952). «...Результаты, - продолжает М.Райл, - позволили сделать заключение, что постоянное излучение дискретных источников свидетельствует об отсутствии заметного магнитного поля в излучающих областях. Поэтому авторы предположили, что механизм этой эмиссии, по-видимому, подобен механизму, вызывающему излучение невозмущенного Солнца» (М.Райл, УФН, 1952).

**32) Аналогия М.Райла и И.С.Шкловского.** М.Райл и И.С.Шкловский (1947) объяснили механизм интенсивного радиоизлучения солнечных пятен на метровых волнах, то есть причину когерентного излучения электронов короны, по аналогии с объяснением механизма колебаний электронной плазмы в разрядных трубках. Мартин Райл в статье «Радиоастрономия» (УФН, 1952, апрель) указывает: «Мартин (1947) и Шкловский (1947) предположили, что когерентное излучение электронов короны вызывается механизмом, аналогичным колебаниям плазмы в разрядных трубках. Хэфф (1948, 1949) предположил, что возрастание интенсивности радиоизлучения короны вызвано взаимодействием электронных пучков, приводящим к усилению, аналогичному усилению, которое наблюдается в электронных трубках» (Райл, УФН, 1952, с.569). Одной из исходных посылок объяснения радиоизлучения Солнца, которое дал И.С.Шкловский, было сходство (аналогия) частоты плазменных колебаний в солнечной короне и частоты волн метрового диапазона, излучаемых Солнцем. И.С.Шкловский в книге «Разум, Жизнь, Вселенная» (1996) указывает: «В сущности, единственным основанием для моей гипотезы о природе спорадического радиоизлучения Солнца была близость лэнгмюровской частоты плазменных колебаний в короне... частоте волн метрового диапазона. Да еще ясное понимание того, что из активных областей через плазму короны «продираются» быстрые заряженные корпускулы, теряющие свою кинетическую энергию на возбуждение плазменных колебаний» (И.С.Шкловский, 1996).

**33) Аналогия Иосифа Шкловского.** И.С.Шкловский (1953) высказал идею о том, что причиной радиации гало Галактики и остатков сверхновых звезд является синхротронное излучение, то есть быстрое движение электронов в сильном магнитном поле, по аналогии с исследованиями других ученых, которые использовали синхротронный механизм для объяснения космического радиоизлучения. И.С.Шкловский в книге «Разум, Жизнь, Вселенная» (1996) пишет: «Не претендуя на разработку чисто физической части теории, я сосредоточил внимание на астрономических последствиях синхротронного (как тогда называли его у нас «магнитотормозного») механизма космического радиоизлучения. И, прежде всего, применил этот механизм к эмпирически найденному незадолго до этого радиоизлучающему гало Галактики, о котором говорилось раньше» (И.С.Шкловский, 1996). «В начале 1953 г., - продолжает И.С.Шкловский, - у меня появилась идея применить синхротронную теорию к источникам – остаткам вспышек сверхновых. Необходимо было оценить энергетику этих явлений, т.е. найти полную энергию релятивистских частиц и магнитных полей, находящихся в остатках сверхновых» (И.С.Шкловский, 1996). В частности,

И.С.Шкловский объяснил синхротронным механизмом радиоволновое излучение знаменитой Крабовидной туманности – остатка взрыва сверхновой звезды.

**34) Аналогия Ханса Бете.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1967 год Ханс Бете (1938) пришел к идее о том, что источником энергии звезд является ядерная реакция превращения двух атомов тяжелого водорода в один атом гелия, в ходе которой высвобождается огромное количество энергии, по аналогии с экспериментальным открытием реакции образования гелия из водорода, которая была обнаружена в лабораторных условиях Резерфордом, Олифантом и Хартеком в 1934 году. Х.Бете экстраполировал в область энергии звезд информацию об одной из важных ядерных реакций, открытых учеными в земных условиях. Б.Д.Бондаренко в статье «Роль О.А.Лаврентьева в постановке вопроса и инициировании исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР» («Успехи физических наук», 2001, август) пишет об открытии Резерфорда, Олифанта и Хартека: «С помощью ускорителя частиц указанные авторы разгоняли ионы дейтерия и направляли их на мишень, также содержащую атомы дейтерия. Далее, в 1938 г. в журнале «Физикал ревью» появилась знаменитая статья Ханса Бете «Генерация энергии в звездах». В этой статье он приводит некоторые расчеты по термоядерным реакциям, протекающим внутри звезд» (журнал «Успехи физических наук», 2001, август, с.891). Примечательно, что с 1934 по 1938 гг. Х.Бете владел весьма широкими сведениями о ядерных реакциях, но не знал, куда можно по аналогии перенести эти сведения. Ситуация изменилась после Вашингтонской конференции 1938 года, посвященной источникам звездной энергии. А.Д.Чернин и В.Я.Френкель в статье «Мировая линия Гамова» (сайт «Астронет», 2004) отмечают: «Гамов рассказывает, что по приезду в 1938 году на Вашингтонскую конференцию Бете знал все о ядрах атомов и ничего о недрах звезд. А после докладов, услышанных им на конференции, после бесед с Гамовым и Теллером, которые ввели его в курс дела, Бете в поезде на обратном пути из Вашингтона проделал основные расчеты для ядерных реакций в массивных и ярких звездах, таких, как, например, Сириус» (А.Д.Чернин, В.Я.Френкель, 2004). В своей Нобелевской лекции «Источники энергии звезд» (УФН, 1968, ноябрь) Х.Бете сам подчеркивает положительную роль Вашингтонской конференции: «Вдохновленный обменом мнениями на Вашингтонской конференции 1938 г. и развивая ход мыслей, который только что был изложен, я занялся рассмотрением реакций между протонами и другими ядрами, поднимаясь все выше и выше по периодической системе» (Бете, 1968, с.399).



«Личность и научная деятельность Гамова, ученого, прожившего более 30 лет за границей, на счету которого несколько работ «Нобелевского» ранга, на протяжении десятилетий притягивали к себе внимание многих людей – крупнейших ученых и начинающих исследователей, широкой публики, знакомившейся по его научно-популярным книгам с современными достижениями науки».

В.Я.Френкель и А.Д.Чернин о Георгии Гамове

**35) Аналогия Георгия (Джорджа) Гамова.** Георгий Гамов (1948) выдвинул гипотезу о существовании реликтового излучения с температурой 5 кельвинов, образовавшегося в горячем коллапсе сжавшейся Вселенной, руководствуясь аналогией с известным ему фактом возникновения высокотемпературного излучения в недрах звезды в ходе реакций синтеза гелия из водорода. При допущении возможности термоядерных реакций в веществе Метагалактики, свернувшейся в «точку», вывод о высокотемпературном излучении, которое соответствует этим реакциям, вытекает сам собой. В свою очередь, мысль о протекании термоядерных реакций в ядре конденсировавшейся Вселенной возникла у Гамова опять же по аналогии с наличием термоядерных реакций в недрах звезд. Аналогия между поведением

звезд и поведением Вселенной в целом – достаточно распространенная аналогия в исследованиях астрофизиков. Эта аналогия Гамова позволяла соединить («скрестить») идеи из области процессов, происходящих в недрах звезд, с предполагаемыми процессами, разворачивающимися в веществе Вселенной, сжавшейся в коллапс. А.Д.Чернин и В.Я.Френкель в электронной статье «Мировая линия Гамова» (сайт «Астронет», 2004) указывают: «Гамов никогда не забывал космологию, науку своей ленинградской юности. Он вплотную взялся за нее в 1946 году, за два года до Лос-Аламоса, и посвятил этому больше десяти лет. Целью было «скрестить космологическую науку с ядерной физикой» (по его собственному выражению). Один «мичуринский» эксперимент такого рода он уже успешно осуществил ранее: привил ядерную физику на древо астрономии – это работы по ядерным источникам энергии звезд. Тогда он шел по стопам Эддингтона, а зрелый плод всей деятельности достался Бете» (А.Д.Чернин, В.Я.Френкель, 2004). Указанные историки науки не оставляют сомнений в том, что мысль о протекании ядерных реакций в веществе ранней Вселенной возникла у Гамова по аналогии с ядерными реакциями в недрах звезд: «Идея Гамова состояла в том, что в горячем и плотном веществе ранней Вселенной происходили ядерные реакции, и в этом ядерном котле за несколько минут были синтезированы все химические элементы, из которых и состоит теперь все на свете. Расчеты ядерных превращений в условиях расширяющейся космической среды требовали немалых усилий, и Гамов привлек к ним своих аспирантов Ральфа Альфера и Роберта Хермана – талантливых молодых людей (из семей с российскими корнями, между прочим). Первая публикация, подготовленная Гаммовым и Альфером, появилась в печати в 1948 году под... тремя именами: Альфер, Бете, Гамов» (А.Д.Чернин, В.Я.Френкель, 2004). В 1965 году американские радиоинженеры А.Пензиас и Р.Вильсон при испытании рупорной антенны для наблюдения американского спутника «Эхо» открыли микроволновое космическое излучение, предсказанное Г.Гамовым, в связи с чем были удостоены Нобелевской премии в 1978 году.

**36) Аналогия Иосифа Шкловского.** Астрофизик И.С.Шкловский (1953), а вслед за ним и В.Гинзбург высказали предположение о синхротронной природе излучения некоторых звездных объектов, в том числе Крабовидной туманности, по аналогии с эффектом синхротронного излучения, известным физикам ранее. Суть этого эффекта в том, что сверхбыстрые, так называемые ультрарелятивистские электроны, попадая в магнитное поле, начинают излучать энергию в радиодиапазоне. Другим намеком были исследования Гордона, который привлек идею о синхротронном излучении электронов для объяснения солнечных вспышек. В.Л.Гинзбург и С.И.Сыроватский в статье «Космическое магнитотормозное (синхротронное) излучение» (УФН, 1965, сентябрь) пишут: «Насколько нам известно, вопрос о космическом оптическом магнитотормозном излучении впервые обсуждался в 1952 г. Гордоном в применении к солнечным вспышкам. В дальнейшем Шкловский применил те же представления для объяснения части оптического излучения Крабовидной туманности» (Гинзбург, Сыроватский, УФН, 1965, с.67).

**37) Аналогия Иосифа Шкловского.** И.С.Шкловский объяснил яркое оптическое излучение квазаров механизмом синхротронного излучения по аналогии с синхротронным излучением Крабовидной туманности. В статье «Взрывающиеся звезды и их остатки» (журнал «Земля и Вселенная», 1982, № 4) Шкловский повествует: «В 1955 г. автор этой статьи дал объяснение известному еще с 1918 г. явлению, десятилетия не привлекавшему внимания. В знаменитой эллиптической галактике NGC4486, о которой неоднократно шла речь выше, наблюдается удивительное образование – яркий «выброс», состоящий из нескольких вытянутых в одну линию конденсаций – «узлов». Протяженность выброса – 20, что соответствует проекции его длины на плоскость, перпендикулярную лучу зрения, около 5000 световых лет. Мною было высказано предположение, что яркое оптическое излучение «выброса» обусловлено не звездами или туманностями (как молчаливо принималось тогда всеми специалистами), а релятивистскими электронами, движущимися в магнитных полях. Другими словами,

«выброс» излучает в оптических лучах синхротронным механизмом. В этом отношении он вполне аналогичен Крабовидной туманности, природа излучения которой за два года до этого была объяснена аналогичным образом» (И.С.Шкловский, 1982).

**38) Аналогия Иосифа Шкловского.** И.С.Шкловский (1966) высказал предположение о способности ряда астрофизических объектов (протозвезд) функционировать в качестве естественного мазера – источника мощного радиосигнала, когда обратил внимание на сходство (аналогию) излучения этих астрофизических объектов и излучения мазера, изобретенного Басовым, Прохоровым и Таунсом. И.С.Шкловский экстраполировал в область естественного излучения звезд и их оболочек феномен мазерного излучения, открытый в лабораторных условиях. Д.Дикинсон в статье «Космические мазеры» (УФН, 1979, июнь) пишет: «Интересно представить себе, как бы интерпретировали радиоастрономы необычный сигнал от облака молекул гидроксила (ОН) в Большой Туманности Ориона, который был зарегистрирован в 1965 г., если бы мазер не был изобретен. В действительности это чисто умозрительный вопрос, так как к тому времени мазеры были установлены на радиотелескопах в качестве усилителей. Тем не менее, неожиданно сигнал оказался настолько сильным, что до тех пор, пока его природа не была понята, радиоастрономы, отчасти серьезно, отчасти в шутку, называли неизвестный излучающий газ «таинственным» («мистериумом»). В конце концов, был сделан вывод о том, что газовые облака вблизи туманностей, содержащих молодые звезды, могут действовать как гигантские космические мазеры. Несколько лет спустя мазеры были обнаружены в пылевых атмосферах стареющих красных звезд» (Дикинсон, УФН, 1979, с.346). Н.С.Кардашев и В.И.Мороз в предисловии к книге И.С.Шкловского «Вселенная, жизнь, разум» (1987) пишут о Шкловском: «Он является создателем крупной школы всеволновой эволюционной астрофизики, автором современной теории солнечной короны, основополагающих работ по физике межзвездной среды на основе данных атомной и молекулярной радиоспектроскопии, о связи космических мазеров с областями образования звезд и планетных систем...» (Кардашев, Мороз, 1987, с.7). Кроме И.С.Шкловского, идею о существовании естественных космических мазеров выдвигали многие другие ученые, в том числе Чарльз Таунс.

**39) Аналогия Евгения Лифшица.** Е.М.Лифшиц (1946) сформулировал в теории слабых неустойчивостей уравнение состояния, которому подчиняется вещество фридмановской однородной и изотропной Вселенной, по аналогии с уравнением состояния газа, которое давно было получено в газовой динамике (статистической физике), причем для идеального газа оно было получено Клапейроном-Менделеевым, а для реального газа - Ван-дер-Вальсом. Эта аналогия подтверждается тем, что в уравнении Лифшица фигурируют величины давления и плотности вещества во Вселенной, аналогичные величинам давления и плотности в уравнении состояния газовой системы.

**40) Аналогия Карла Вайцеккера.** К.Вайцеккер (1948) разработал гидродинамику догалактических вихрей по аналогии с концепцией гидродинамической турбулентности, построенной А.Н.Колмогоровым. К.Вайцеккер перенес в область космологии, изучающей эволюцию галактик, свойство развитой турбулентности, установленное А.Н.Колмогоровым в 1941 г. Согласно этому свойству, когда большие вихри питают своей энергией вихри меньших масштабов, в среде устанавливается универсальное соотношение между средней скоростью и средним размером вихря в турбулентном каскаде. Это соотношение состоит в том, что средняя скорость убывает по каскаду сверху вниз пропорционально корню кубическому из размера вихря. В статье «Вихревая космогония» (электронный сайт «Астрогалактика») указывается: «Вслед за Дж.Джинсом гидродинамику догалактических вихрей исследовал в 1948 г. К.Вайцеккер, привнесший в космогонию концепцию гидродинамической турбулентности, разработанную незадолго до того А.Н.Колмогоровым. Турбулентность – широко распространенное в природе явление, она возникает всегда, когда

движения газа или жидкости испытывают запутанные и сложные, хаотические изменения во времени и пространстве» (Интернет). В той же статье констатируется: «...В совокупности вихрей проявляется единая тенденция, стремление установить своего рода каскад вихрей, причем самые большие вихри – по пространственному их размеру и по содержащейся в них кинетической энергии – порождают и питают своим движением вихри меньших масштабов. Когда эта тенденция полностью реализуется, в среде устанавливается универсальное соотношение между средней скоростью и средним размером вихря в турбулентном каскаде: средняя скорость убывает по каскаду сверху вниз пропорционально корню кубическому из размера вихря. Это свойство развитой турбулентности установил в 1941 г. А.Н.Колмогоров. Пытаясь воссоздать картину Вселенной в эпоху образования галактик, К.Вайцеккер предположил, что в протогалактической среде существовала турбулентность, охватывавшая массы вещества, сравнимые с массами галактик. Нетрудно оценить скорости и пространственные масштабы соответствующих вихревых движений» (Интернет). «Следуя А.Н.Колмогорову, - указывается в той же статье, - Вайцеккер рассматривал догалактическую турбулентность как совокупность вихрей с установившимися средними характеристиками, с определенной зависимостью средней скорости от масштаба вихря, о которой мы уже упоминали» (сайт «Астрогалактика»).

**41) Аналогия Хэнбери Брауна.** Х.Браун (1951) пришел к мысли о создании оптического интерферометра интенсивностей по аналогии с принципом действия радиоволнового интерферометра интенсивностей. В.И.Слыш в статье «Интерферометры в астрофизике» (УФН, 1965, ноябрь) отмечает: «Тот же Хэнбери Браун, который обосновал принцип работы интерферометра интенсивностей в радиоастрономии, высказал предположение о возможности измерения угловых диаметров звезд в оптическом диапазоне с помощью интерферометра, основанного на том же принципе, что и радиointерферометр интенсивностей. Устройство оптического интерферометра в этом случае просто повторяет устройство радиointерферометра. Роль антенн выполняют параболические зеркала, а вместо квадратичного детектора используются фотоумножители (ФЭУ), у которых, как известно, ток пропорционален освещенности фотокатода» (Слыш, УФН, 1965, с.479). Об этой же аналогии Х.Брауна, который работал совместно с Р.К.Твиссом, пишет лауреат Нобелевской премии по физике за 2005 год Рой Глаубер в своей Нобелевской лекции «Сто лет квантам света» (УФН, 2006, декабрь). «В эксперименте, который мне представляется наиболее интересным, - замечает Р.Глаубер, - Р.Ханбери Браун и Р.К.Твисс развили новый вид интерферометрии. Сначала они интересовались измерением угловых размеров небесных источников радиоволн и обнаружили, что его можно осуществить, используя две антенны, к каждой из которых присоединен детектор, чтобы убрать высокочастотные осцилляции поля. Затем оставшиеся низкочастотные сигналы вместе с шумами посылались на центральный умножитель этих сигналов, и усредненные по времени значения записывались. (...) Используя классические выражения для напряженности поля, нетрудно показать, что выражение четвертой степени содержит измеряемый интерференционный вклад; используя его, Ханбери Браун и Твисс измерили угловые размеры многих радиоисточников. Далее они поставили вопрос, нельзя ли провести аналогичную «интерферометрию интенсивности» видимого света и таким образом измерить угловые диаметры видимых звезд. Несмотря на то, что подобная возможность казалась вполне логичной, такой интерференционный эффект требовал детектирования пар фотонов...» (Глаубер, УФН, 2006, с.1346).

**42) Аналогия Виктора Амбарцумяна.** Советский астрофизик В.А.Амбарцумян (1955) объяснил мощное радиоизлучение галактик, обнаруженное В.Бааде и Р.Минковским (1952), грандиозными взрывами вещества, происходящими в ядрах галактик, руководствуясь аналогией. В частности, В.А.Амбарцумян рассуждал по аналогии с взрывами ядер звезд, объясняющими возникновение сверхновых звезд. В очерке «Загадки Вселенной» (Москва, «Педагогика», 1987) В.А.Амбарцумян подчеркивает, что явление взрыва ядер звезд

представляло собой не просто исходную посылку, а уже готовую основу для формулировки аналогичного явления – взрыва ядер галактик: «По аналогии мы подошли и к решению вопроса об эволюции галактик. Иными словами, если в звездном мире расширение и рассеяние материи оказались основной тенденцией, то аналогичные процессы могли быть характерными и для галактик. Оказалось, что во внегалактической астрономии как будто все было специально подготовлено для применения таких понятий, как расширение, рассеяние и взрыв» (Амбарцумян, 1987, с.32).

**43) Аналогия Джеймса Ван Аллена.** Д.Ван Аллен (1958) нашел правильное объяснение радиационных поясов Земли, в которых циркулируют потоки электронов, обнаруженные первыми искусственными спутниками Земли, по аналогии с исследованиями лауреата Нобелевской премии по физике Альфвена и других ученых. Эти исследователи теоретически установили, что магнитное поле Земли должно захватывать потоки электронов и сообщать им круговое движение. Ван Аллен в статье «О радиационной опасности при космических полетах» (УФН, 1960, апрель) пишет: «В настоящее время надежно установлено, что наблюдаемое излучение образовано заряженными частицами, захваченными магнитным полем Земли тем самым способом, который был исследован в классических теоретических работах Пуанкаре, Штермера и Альфвена. Что касается природы этих частиц и деталей их энергетического спектра, то здесь сделать окончательные выводы довольно трудно. Исходя из того, что электроны всюду встречаются в природе, разумно допустить, что они входят и в это излучение» (Д.Ван Аллен, УФН, 1960).

**44) Аналогия Рикардо Джаккони.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2002 год Р.Джаккони (1959) пришел к мысли о создании рентгеновского телескопа по аналогии с оптическим телескопом. В своей Нобелевской лекции «У истоков рентгеновской астрономии» (УФН, 2004, апрель) рассказывает: «Размышляя над оценками, сделанными в 1959 г., я был убежден, что для достижения успеха в рентгеновской астрономии мы должны были создать совершенно новые приемники, отличные от использовавшихся ранее. Для солнечных исследований Фридман разработал специальный счетчик Гейгера с тонким окошком, пропускающим рентгеновское излучение внутрь счетчика, заполненного газом. Такой счетчик не мог определить ни направление прихода рентгеновского кванта, ни его энергию» (Джаккони, УФН, 2002, с.434). «Решение, которое мне пришло на ум еще в 1959 г., состояло в использовании телескопа, подобного тому, как это делается в оптической астрономии. Преимущество телескопов состоит в том, что свет с большой площади фокусируется на детекторе меньшей площади, при этом увеличивается отношение сигнал/шум. (...) Единственная проблема состоит в разработке такого рентгеновского телескопа и создания соответствующей технологии для его изготовления. В конечном счете, между созданием концепции рентгеновского телескопа в 1959 г. и его первым практическим применением в рентгеновской астрономии в 1979 г. прошло двадцать лет. Рентгеновский телескоп совершенно отличается от телескопа для приема видимого излучения, так как длина волны рентгеновских фотонов сравнима с атомными размерами» (там же, с.434).

**45) Аналогия Мартина Шварцшильда.** Немецкий астрофизик, сын Карла Шварцшильда, Мартин Шварцшильд (1962) решил задачу о горении атомов гелия в звездах типа Солнца, когда по аналогии перенес в теорию, описывающую эволюцию звезд, математический метод прогонки Луи Хеня. Р.Киппенхан в книге «100 миллиардов Солнц» (1990) повествует: «Хеней не принадлежал к числу ученых, которые работают быстро и публикуют много статей. Поэтому в тот день (в день проведения конгресса Международного астрономического союза в Беркли в 1961 г. – Н.Н.Б.) все, кто интересовался теорией развития звезд, собрались послушать его доклад. Я ничего тогда не понял, но прилежно все записал. Затем после конгресса, в течение полугода работая у Мартина Шварцшильда в Принстоне, я был свидетелем того, как Шварцшильд по своим запискам полностью восстановил метод,

изложенный в докладе Хенея. Я тоже разыскал свои записи и смог за несколько дней разобраться в методе Хенея. Шварцшильд применил этот метод к задаче, которая его особенно в то время занимала, о горении гелия в звездах типа Солнца. Спустя некоторое время ему удалось «преодолеть» этот быстрый, взрывной этап развития звезд. Метод Хенея помог ему исследовать стадию развития, которая до сих пор никак не поддавалась изучению!» (Р.Киппенхан, 1990). В другом месте своей книги Р.Киппенхан вновь говорит о переносе метода Хенея в теорию эволюции звезд: «Как мы уже видели, быстрое начало горения гелия в недрах звезд, подобных Солнцу, приводит к большим трудностям при моделировании их развития с помощью вычислительной машины. Однако с помощью метода Хенея Шварцшильд и его сотрудник Рихард Херм смогли в 1962 г. проследить за гелиевой вспышкой» (Р.Киппенхан, 1990). Существует много различных вариаций метода прогонки, некоторые из них развивал российский математик О.В.Локуциевский. К.В.Брушлинский, М.Б.Гаврилов и И.М.Гельфанд в статье «Олег Вячеславович Локуциевский» (журнал «Успехи математических наук», 1991, том 46, выпуск 2 (278) пишут: «О.В.Локуциевский был одним из авторов широко используемого теперь для практики метода прогонки, а также континуального замыкания этого алгоритма. Значение этой работы велико и в том смысле, что она была одной из первых, формулирующих новые требования к алгоритмам, которые связаны с реализацией на ЭВМ, когда многие миллионы операций совершаются без контроля со стороны человека» (Брушлинский, Гаврилов, Гельфанд, 1991, с.204).

**46) Аналогия Ханнеса Альфвена.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1970 год Ханнес Альфвен заложил основы магнитной гидродинамики, которая определяет многие процессы, происходящие в космосе, когда по аналогии перенес в область гидродинамики закономерности распространения магнитных полей. Не будет ошибкой также сказать, что Х.Альфвен перенес эффекты поведения магнитных полей в гидродинамику. Сама же гидродинамика ему понадобилась для описания движения заряженных частиц в космическом пространстве. Волны, возникающие при движении заряженных частиц в космическом пространстве, он назвал гидромагнитными волнами. Эти волны он сравнивал с упругими струнами. В книге «Космическая электродинамика» (1967) Х.Альфвен и К.Г.Фельтхаммар пишут: «Простую картину движения гидромагнитных волн можно получить, сравнивая магнитные силовые линии с упругими струнами. Поскольку в определенном смысле силовые линии движутся вместе со средой, их можно рассматривать как струны, имеющие массу, равную массе жидкости, приходящейся на одну силовую линию» (Альфвен, Фельтхаммар, 1967, с.98). Поскольку многие принципы гидродинамики аналогичны закономерностям электродинамики (вспомним, что в свое время Гельмгольц разработал теорию гидродинамических вихрей по аналогии с теорией электродинамических вихрей), то осуществленный Х.Альфвеном перенос достижений теории магнитных явлений в гидродинамику, по сути, был переносом этой теории в электродинамику. В результате был осуществлен синтез разных концепций. Х.Альфвен и К.Г.Фельтхаммар отмечают: «Таким образом, гидродинамическое движение и электромагнитные явления взаимосвязаны, и теперь мы не можем пользоваться обычной гидродинамикой или обычной электродинамической теорией, а должны прибегнуть к их комбинации, которая получила название магнитной гидродинамики» (там же, с.87).

**47) Аналогия Ханнеса Альфвена.** Ханнес Альфвен (1967) выдвинул гипотезу о существовании нитевидной (сжатой) структуры электрических токов и магнитных полей в космическом пространстве по аналогии с существованием пинч-эффекта в земных (лабораторных) условиях. Пинч-эффект был обнаружен Уиллардом Беннетом в 1934 году. Х.Альфвен экстраполировал пинч-эффект, состоящий в сжатии электрического тока, в самостягивании разряда под действием собственного магнитного поля, на космические масштабы. Х.Альфвен и К.Г.Фельтхаммар в книге «Космическая электродинамика» (1967) пишут: «Наиболее важным механизмом сжатия является электромагнитное притяжение

параллельных токов. Одним из проявлений этого механизма служит пинч-эффект, который впервые был изучен Беннетом в 1934 г. и который позднее привлек внимание в связи с термоядерными исследованиями. Как мы увидим, явления этого общего типа должны осуществляться и в космических масштабах, где они приводят к формированию нитевидной структуры токов и магнитных полей. Этот эффект должен сопровождаться аналогичным перераспределением вещества и, таким образом, можно объяснить то богатое разнообразие волокнистых структур, которое, согласно наблюдениям, проявляет вещество в космическом пространстве» (Альфвен, Фельтхаммар, 1967, с.220).

**48) Аналогия Чарльза Конли и Роберта Мак-Гихи.** Американские математики Ч.Конли и Р.Мак-Гихи решили ряд задач в небесной механике, а именно в задаче движения трех и большего количества небесных тел, связанных гравитационным взаимодействием, когда провели аналогию между движением трех и большего количества тел и движением шаров в бильярде. Ч.Конли и Р.Мак-Гихи занялись данной проблемой после того, как Роберт Истон нашел математическое описание двойных столкновений в небесной механике. Ф.Диаку и Ф.Холмс в книге «Небесные встречи» (2004) повествуют: «...В небесной механике Конли и Мак-Гихи задали вопрос: «Встраиваются ли сингулярные орбиты тройного столкновения в окружающую их среду в фазовом пространстве таким образом, чтобы надлежащим образом сцепиться с траекториями, приближающимися к таким столкновениям? Истон работал с двойными. А как же быть с тройным сближением? Конли пришла в голову блестящая мысль. Он предложил сравнить задачу трех тел с игрой в бильярд. Любой опытный игрок в пул знает, что если одновременно столкнуть три шара, то их поведение после столкновения предсказать сложно. Однако четкое представление о происходящем в данном случае, - скорее, результат опыта, нежели доказанный факт. Конли же хотел перевести это интуитивное знание в точное математическое утверждение» (Диаку, Холмс, 2004, с.145).

**49) Аналогия Леонида Самойловича Марочника.** Российский астрофизик Л.С.Марочник (1964) вывел математическое уравнение, описывающее поведение звездного газа, волны которого при своем возбуждении образуют спиральную структуру космических объектов, по аналогии с уравнением Г.Чу, М.Гольдбергера и Ф.Лоу (1956), описывающим поведение бесстолкновительной плазмы в магнитном поле. Ю.Н.Ефремов, В.И.Корчагин, Л.С.Марочник и А.А.Сучков в статье «Современные представления о природе спиральной структуры галактик» (УФН, 1989, том 157, выпуск 4) пишут об аналогии Л.С.Марочника: «Как впервые было показано в [32] (а затем в других работах [33, 34]), в плоскости, перпендикулярной оси вращения системы, кинетическое описание «звездного газа» может быть заменено уравнениями бесстолкновительной звездной гидродинамики, аналогично гидродинамическому описанию Чу, Гольдбергера и Лоу [35] для бесстолкновительной плазмы в магнитном поле. Это дает возможность распространить результаты газодинамических расчетов на звездную компоненту. Разумеется, конкретные свойства волн в звездном и газовом диске будут различны из-за различия уравнений состояния, дисперсионных свойств в резонансных точках и т.д. Но вывод о возбуждении волн, которые образуют спиральную структуру с отстающими ветвями, вращающимися со скоростью переменычки, является, очевидно, общим» (Ефремов и другие, 1989, с.606). Здесь [32] – это работа Л.С.Марочника (1964), в которой он предложил перенести в динамику космического газа уравнение Чу-Гольдбергера-Лоу, а [35] – это статья, в которой указанные американские физики предложили описывать бесстолкновительную плазму в магнитном поле гидродинамическим уравнением определенного вида.

**50) Аналогия Джеймса Лавлока.** Известный британский ученый Джеймс Лавлок (1965) пришел к мысли о том, что индикатором наличия или отсутствия жизни на Марсе и других планетах является содержание кислорода и метана в атмосфере планеты, по аналогии с тем, что признаком наличия жизни на Земле является высокое количество кислорода и метана в ее

атмосфере. Лавлок знал, что эти газы образуются в атмосфере за счет жизнедеятельности микроорганизмов и зеленых растений. Конечно, кроме аналогии, Лавлок использовал и дедуктивные рассуждения, цепь которых воспроизводит Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003): «Лавлок предположил, что жизнь на любой планете использовала бы атмосферу и океаны в качестве текучей среды для сырья и отходов. Поэтому, размышлял он, существует некая возможность обнаружить наличие жизни, проанализировав химический состав атмосферы планеты. Таким образом, если на Марсе есть жизнь, то в марсианской атмосфере должна существовать некая особая комбинация газов, некоторый характерный «узор», который можно обнаружить даже с Земли» (Капра, 2003, с.118). «Потрясающее подтверждение этих соображений, - поясняет Ф.Капра, - пришло, когда Лавлок и его коллега Даен Хичкок начали систематический анализ марсианской атмосферы, используя результаты наблюдений с поверхности Земли и сравнивая их с аналогичными данными для земной атмосферы. Они обнаружили, что химический состав двух этих атмосфер принципиально различен. В то время как в марсианской атмосфере очень мало кислорода, огромные количества углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и совсем нет метана, атмосфера Земли содержит массу кислорода, мизерные объемы CO<sub>2</sub> и много метана» (там же, с.119).

**51) Аналогия Стивена Хокинга.** С.Хокинг (1965) высказал идею о том, что в любой модели расширяющейся Вселенной ее начальным состоянием должна быть сингулярность (коллапс, сжатие до размера точки), по аналогии с утверждением Роджера Пенроуза (1965) о том, что конечным состоянием любой коллапсирующей звезды должна быть сингулярность. Таким образом, С.Хокинг перенес представления Р.Пенроуза с области звезд на область Вселенной. С.Хокинг сам признается в этой аналогии. В книге «Краткая история времени» (2007) он пишет: «Исходя из поведения световых конусов в общей теории относительности и того, что гравитационные силы всегда являются силами притяжения, Пенроуз показал, что когда звезда сжимается под действием собственных сил гравитации, она ограничивается областью, поверхность которой в конце концов сжимается до нуля. А раз поверхность этой области сжимается до нуля, то же самое должно происходить и с ее объемом. Все вещество звезды будет сжато в нулевом объеме, так что ее плотность и кривизна пространства-времени станут бесконечными. Иными словами, возникнет сингулярность в некоей области пространства-времени, называемая черной дырой. На первый взгляд, эта теорема Пенроуза относится только к звездам: в ней ничего не говорится о том, испытала ли вся Вселенная в прошлом Большой Взрыв. В то время, когда Пенроуз доказал свою теорему, я, будучи аспирантом, искал какую-нибудь задачу, чтобы защитить диссертацию» (Хокинг, 2007, с.68). «В 1965 г., - продолжает С.Хокинг, - я прочитал о теореме Пенроуза, согласно которой любое тело в процессе гравитационного коллапса должно, в конце концов, сжаться в сингулярную точку. Вскоре я понял, что если в теореме Пенроуза изменить направление времени на обратное, так, чтобы сжатие перешло в расширение, то эта теорема тоже будет верна, коль скоро Вселенная сейчас хотя бы грубо приближенно описывается в крупном масштабе моделью Фридмана. По теореме Пенроуза конечным состоянием любой коллапсирующей звезды должна быть сингулярность; при обращении времени эта теорема утверждает, что в любой модели фридмановского типа начальным состоянием расширяющейся Вселенной тоже должна быть сингулярность» (там же, с.68). В другом месте своей книги С.Хокинг подчеркивает: «Коллапс звезды в состояние черной дыры аналогичен последним стадиям коллапса всей Вселенной. Поэтому если беспорядок должен уменьшаться на стадии сжатия Вселенной, то он будет уменьшаться и внутри черной дыры» (там же, с.180).

**52) Аналогия Стивена Хокинга.** С.Хокинг (1973) склонился к предположению о том, что космические объекты типа черных дыр должны изучать электромагнитные волны, то есть испускать квантовые частицы, руководствуясь несколькими аналогиями. Первая состояла в использовании механизма квантового туннельного эффекта, согласно которому элементарная частица может преодолеть потенциальный барьер даже в случае недостатка необходимой для

этого энергии, что связано с действием принципа неопределенности. Вторая аналогия состояла в том, что С.Хокинг отталкивался от идеи Якоба Бекенштейна (1970) о том, что черные дыры обладают энтропией, которая очень велика. Наконец, третья аналогия состояла в том, что С.Хокинг отталкивался от работ Я.Б.Зельдовича и А.А.Старобинского, которые заявили о том, что в силу квантового принципа неопределенности вращающиеся черные дыры должны излучать квантовые частицы. С.Хокинг в книге «Краткая история времени» (2007) указывает: «Будучи в Москве в сентябре 1973 г., я беседовал о черных дырах с двумя ведущими советскими учеными – Я.Б.Зельдовичем и А.А.Старобинским. Они убедили меня в том, что в силу квантово-механического принципа неопределенности вращающиеся черные дыры должны рождать и излучать частицы. Я согласился с физическими доводами, но мне не понравился их математический способ расчета излучения. Поэтому я занялся разработкой лучшего математического подхода и рассказал о нем на неофициальном семинаре в Оксфорде в конце ноября 1973 г.» (Хокинг, 2007, с.129). «...Выполнив вычисления, - продолжает С.Хокинг, - я к своему удивлению и досаде, обнаружил, что даже невращающиеся черные дыры, по-видимому, должны с постоянной интенсивностью рождать и излучать частицы. Сначала я решил, что, вероятно, одно из использованных мной приближений неправильно. Я боялся, что если об этом узнает Бекенштейн, то он этим воспользуется для дальнейшего обоснования своих соображений об энтропии черных дыр...» (там же, с.130).

**53) Аналогия Рассела Халса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1993 год Рассел Халс (1974) пришел к выводу, что периодический доплеровский сдвиг периода импульсов пульсара свидетельствует о том, что этот пульсар является двойным, руководствуясь аналогией. В частности, Р.Халс опирался на аналогию с тем фактом, что периодический доплеровский сдвиг частот спектральных линий обычной звезды говорит о том, что данная звезда является двойной. К.М.Уилл в статье «Двойной пульсар, гравитационные волны и Нобелевская премия» (УФН, 1994, июль) пишет о том, как Р.Халс пришел к правильной интерпретации изменения периода импульсов одного из пульсаров, за которым он наблюдал: «Как постулировал Халс, пульсар вращался по орбите вокруг второго компонента, а переменность наблюдаемого периода пульсара просто была следствием эффекта Доплера. Когда пульсар приближался к нам, наблюдаемый период импульсов из-за доплер-эффекта уменьшался, а когда пульсар удалялся от нас, его период увеличивался. Действительно, этот эффект отлично известен оптическим астрономам, наблюдающим обычные звезды. Примерно половина звезд нашей Галактики входит в состав двойных систем. Поскольку при помощи телескопа редко удается разрешить каждую из звезд двойной системы, их отождествляют по переменному доплеровскому сдвигу частот спектральных линий одного из компонентов. В данном случае период пульсара играет роль спектральной линии обычной звезды» (Уилл, УФН, 1994, с.767). Интересно, что Р.Халс обнаружил закономерность в изменении периода наблюдаемого им пульсара совершенно случайно. К.М.Уилл, говоря о занятиях по исследованию пульсаров, которым предавался Р.Халс в июле 1974 года, отмечает: «Это занятие, как бывает в случае многих других поисковых астрономических наблюдений, граничило со скукой. Но 2 июля произошло необычное событие. В этот день почти по чистой случайности Халс обнаружил нечто, из-за чего имена Халса и Тэйлора оказались в заголовках всех астрономических новостей, взволновало сообщество астрофизиков и релятивистов и в конечном счете привело к первому подтверждению одного из наиболее интересных и важных предсказаний общей теории относительности» (Уилл, УФН, 1994, с.765). Мысль Р.Халса о существовании двойных пульсаров представляла собой аналогию с фактором случая.

**54) Аналогия Андрея Линде и Давида Киржница.** Российские ученые А.Линде и Д.Киржниц (1972, 1976) разработали первоначальный вариант теории экспоненциального (инфляционного) расширения Вселенной по аналогии с теорией фазовых переходов, которые происходят при переходе вещества из газообразного состояния в жидкое при охлаждении. Александр Семенов в статье «Вселенная по Кандинскому» (журнал «Знание-сила», 1995,

октябрь) пишет об идеях А.Линде и Д.Киржница: «А впервые эти идеи выдвинули А.Линде и Д.Киржниц в 1972 году. По модели фазовых переходов расширяющийся и остывающий Космос может конденсироваться в различные формы – по аналогии с тем, как остывающий водяной пар становится водой, а при дальнейшем охлаждении вода может замерзнуть» (А.Семенов, 1995). Определяющей в исследованиях А.Линде и Д.Киржница была аналогия с фазовыми переходами первого, а не второго рода. Именно по аналогии с фазовыми переходами первого рода и строилась ранняя модель расширения Вселенной. Другими словами, А.Линде и Д.Киржниц экстраполировали на космические масштабы теорию фазовых переходов первого рода, в результате чего на свет родилась теория космологических фазовых переходов. А.Линде в статье «Давид Абрамович» (сетевой альманах «Еврейская старина», № 8 (44), август 2006) пишет: «Но самым неожиданным результатом, опубликованной в нашей работе в *Annals of Physics* в 1976 г., был вывод о том, что в некоторых случаях фазовые переходы являются переходами первого рода. Они могут происходить скачком, из переохлажденного состояния с ненарушенной симметрией, и сопровождаться сильным энерговыделением. Мы поняли, что энергия состояния с ненарушенной симметрией выглядит как энергия вакуума, и назвали процесс энерговыделения во время фазовых переходов первого рода перекачкой энергии из вакуума в вещество. В то время мы еще не знали, окажется ли теория космологических фазовых переходов действительно важной для космологии. Наверное, Давид Абрамович, с присущей ему честностью, сказал бы, что мы не знаем этого в точности и сейчас. Но мне кажется, что в тот момент, когда он впервые заговорил о космологических фазовых переходах, он должен был предчувствовать значение своего открытия» (А.Линде, 2006). Сама идея применения теории фазовых переходов для описания расширения Вселенной возникла у Д.Киржница на основе обнаруженной им аналогии между теорией элементарных частиц и теорией сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. А.Линде в той же статье «Давид Абрамович» указывает: «...Давид Абрамович сделал решительный шаг, который у многих в то время вызвал недоверие. Он обратил внимание на сходство новых теорий элементарных частиц и теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау, и сказал, что появление ненулевого вакуумного среднего аналогично образованию конденсата куперовских пар. К этому можно было бы отнестись просто как к поэтической аналогии, но Киржниц был последователен во всем» (А.Линде, 2006).

**55) Аналогия А.Феррари, Е.Труссони и Л.Занинетти.** Итальянские ученые А.Феррари, Е.Труссони и Л.Занинетти (1978) выдвинули гипотезу о том, что неустойчивость космических струй газа и пыли, формирующих звезды и галактики, объясняется неустойчивостью Кельвина-Гельмгольца, по аналогии с тем, как Кельвин и Гельмгольц объяснили неустойчивость гидродинамических потоков. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца – это неустойчивость водяных волн, возникающая на границе раздела двух жидкостей, имеющих разную скорость. Подобный эффект называется неустойчивостью тангенциального разрыва скорости. Кельвин описал этот эффект в 1887 году, Гельмгольц – раньше (1868). А.Феррари, Е.Труссони и Л.Занинетти по аналогии перенесли один из эффектов гидродинамики в область поведения космических струй. В.В.Мусцовой, С.С.Храпов, Н.М.Кузьмин и А.В.Севостьянов в статье «Аккреционно-струйные системы: история, результаты, перспективы» (материалы 33-й конференции «Физика Космоса», Екатеринбург, 2004) пишут: «Уже первые исследования устойчивости космических струй показали, что в них развивается неустойчивость Кельвина-Гельмгольца на сдвиге скорости между веществом струи и окружающей ее средой [1-3]. При этом развивается как осесимметричная (пинчевая) мода, так и неосесимметричные (винтовые) с различным индексом симметрии  $m$  (числом рукавов винтовой спирали на поперечном срезе струи)» (Мусцовой и другие, 2004, с.121). Об этом же пишет Н.М.Кузьмин в автореферате кандидатской диссертации «Гидродинамические механизмы формирования наблюдаемых структур в молодых звездных объектах» (Нижний Архыз, 2008). В статье В.В.Мусцовой и других авторов [1] – это работа А.Феррари, Е.Труссони и Л.Занинетти (1978), в которой они использовали эффект Кельвина-Гельмгольца для объяснения ряда астрофизических

процессов. Примечательно, что похожую аналогию использовал российский физик А.М.Фридман, который в 1986 году предложил рассматривать спиральную структуру галактик как результат развития неустойчивости типа Кельвина-Гельмгольца. А Михаил Незлин усмотрел аналогию между этой неустойчивостью и поведением Большого красного пятна на Юпитере.

**56) Аналогия Я.Б.Зельдовича, А.В.Мамаева и С.Ф.Шандарина.** Я.Б.Зельдович, А.В.Мамаев и С.Ф.Шандарин (1983) разработали модель образования крупномасштабной структуры Вселенной по аналогии с лабораторными опытами, показывающими процесс образования каустик при преломлении лучей на «случайной» гладкой поверхности. Явление каустик – это эффект, при котором сходящиеся лучи света в определенных точках создают резкое увеличение светового потока. Я.Б.Зельдович, А.В.Мамаев и С.Ф.Шандарин в статье «Лабораторное наблюдение каустик, оптическое моделирование движения частиц и космология» (УФН, 1983, январь) указывают: «Мы намерены рассматривать опыты со световыми лучами и каустиками как модель образования крупномасштабной структуры Вселенной. Начальное отклонение лучей света после прохождения пластинки представляет собой аналог начальных возмущений, образование ярко освещенных областей моделирует, по нашему мнению, возникновение плотных облаков газа» (Зельдович, Мамаев, Шандарин, УФН, 1983, с.161). В аннотации к указанной статье авторы пишут: «Описаны лабораторные опыты по наблюдению каустик при преломлении лучей на «случайной» гладкой поверхности. Обсуждается аналогия между каустиками в геометрической оптике и особенностями, возникающими при потенциальных течениях в холодной бесстолкновительной среде. Затем аналогия распространяется на важнейший космологический процесс – образование крупномасштабной структуры Вселенной. Показано, что в расширяющейся Вселенной эволюция гладких потенциальных возмущений, растущих под действием сил всемирного тяготения, приводит к возникновению структур, геометрически подобных оптическим каустикам общего положения» (Зельдович, Мамаев, Шандарин, УФН, 1983).

**57) Аналогия Григория Воловика.** Г.Воловик (1984) высказал идею о существовании сверхтекучести атомов, основанной на куперовском спаривании, в нейтронных звездах по аналогии с наличием сверхтекучести изотопа гелия с массой 3, обнаруженной в лабораторных условиях. Г.Воловик в статье «Сверхтекучие свойства А-фазы  $He^3$ » (УФН, 1984, май) пишет: «Система, подобная А-фазе, может возникнуть и в нейтронных звездах. Предполагается, что в нейтронных звездах осуществляется такое же куперовское спаривание, как и в сверхтекучем  $He^3$ , т.е. с орбитальным моментом  $L = 1$  и спиновым моментом  $S = 1...$ » (Воловик, УФН, 1984, с.105). Независимо от Г.Воловика идея о существовании в недрах нейтронных звезд сверхтекучести типа той, которая характерна для гелия с массой 3, высказывалась американским физиком из Колумбийского университета Дэвидом Мермином (1978).

**58) Аналогия Григория Воловика.** Г.Воловик (1992) высказал предположение о том, что на ранних этапах развития Вселенной, когда вся ее материя была сконцентрирована в очень малом объеме, эта материя находилась в состоянии сверхтекучести, по аналогии со сверхтекучестью жидкого гелия с атомной массой 3. Кроме того, Г.Воловик руководствовался аналогией с гипотезой В.Л.Гинзбурга и А.Б.Мигдала о существовании явлений сверхтекучести в ядрах атомов и в недрах нейтронных звезд. Г.Воловик разработал модель фазовых переходов ранней Вселенной из одного состояния в другое по аналогии с теорией фазовых переходов сверхтекучего гелия. Д.М.Ли в своей Нобелевской лекции «Необычные фазы жидкого  $He$ » (УФН, 1997, декабрь) пишет: «В области астрофизики теоретические исследования внутренности нейтронных звезд указали на возможность нейтронного сверхтекучего основного состояния с  $P_2$  параметром порядка. Кроме этого, сверхтекучий  $He$  может служить модельной системой для процессов в ранней Вселенной. Проведением аналогий между фазами жидкого  $He$  и фазами вакуума в ранней Вселенной особенно много

занимался Григорий Воловик. По мере охлаждения Вселенная переходит от горячей бесструктурной фазы к той, которую мы знаем сегодня – через фазовые переходы с нарушением симметрии. Были даже выполнены некоторые эксперименты со сверхтекучим He, развивающие эту аналогию» (Ли, УФН, 1997, с.1325). Данная аналогия Г.Воловика перекликается с теорией космологических фазовых переходов А.Линде и Д.Киржница (1972, 1976).

**59) Аналогия Алексея Максимовича Фридмана.** Российский физик А.М.Фридман (1984, 1985) предсказал гигантские циклоны и антициклоны, а также медленные бары в спиральных галактиках по аналогии с существованием циклонов, антициклонов и медленных баров в гидродинамике и газодинамике. А.М.Фридман в статье «Предсказание и открытие новых структур в спиральных галактиках» (УФН, 2007, февраль) пишет об установке «Спираль», которая позволяла имитировать на вращающейся мелкой воде быстрые локальные падения (скачки) скорости вращения газа в галактиках: «Вращающаяся на установке мелкая вода описывается уравнениями двумерной газодинамики. В этом состоит динамическое родство вращающейся мелкой воды с газовым диском спиральных галактик, что и послужило отправной идеей для моделирования. (Строго говоря, теоретической основой для моделирования являлась тождественность динамических уравнений газового самогравитирующего диска и вращающейся мелкой воды). Результаты модельного эксперимента на мелкой воде не только подтвердили правильность гравигидродинамической теории генерации спиральной структуры, но и привели к неожиданным и оригинальным решениям некоторых вопросов... Более того, они дали и нечто принципиально новое: между спиральными рукавами на мелкой воде были обнаружены антициклонические вихри. Значит, такие вихри должны наблюдаться и в реальных спиральных галактиках!» (А.М.Фридман, УФН, 2007). «...Вращающаяся мелкая вода на установке «Спираль» прекрасно моделирует динамические процессы и структуры в газовых дисках спиральных галактик. Поэтому появление на поверхности мелкой воды между спиральными рукавами антициклонов, всего лишь раза в два меньших по размеру рукавов, не оставляло сомнений в том, что аналогичные вихри существуют в спиральных галактиках. А раз так, значит, задача состоит в их обнаружении» (А.М.Фридман, УФН, 2007).

**60) Аналогия Алексея Максимовича Фридмана.** А.М.Фридман (2007) выдвинул гипотезу о том, что спиральные рукава галактик являются солитонными объектами, по аналогии с возникновением солитонов (стабильных уединенных волн) на поверхности жидкости, что наблюдал еще английский ученый Скотт Рассел (1834). А.М.Фридман в статье «Предсказание и открытие новых структур в спиральных галактиках» (УФН, 2007, февраль) отмечает: «Михайловский, Петвиашвили и Фридман показали, что нелинейная динамика газового галактического диска на границе гравитационной неустойчивости описывается нелинейным уравнением Шредингера. Это позволило высказать гипотезу, что спиральные рукава галактик являются солитонами огибающей (последние описываются одним из решений нелинейного уравнения Шредингера). Представление о спиральных рукавах, сохраняющих свою форму в дифференциально вращающемся галактическом диске, как о солитоне, который обладает свойством неизменности при распространении в неоднородных потоках и средах по определению выглядит весьма естественным и привлекательным» (А.М.Фридман, УФН, 2007). В статье «Из жизни спиральных галактик» (журнал «В мире науки», 2005, январь) А.М.Фридман подчеркивает аналогию между вращающимися спиральными галактиками и вращающейся мелкой водой в установке «Спираль»: «Доказанная тождественность динамических уравнений галактического самогравитирующего диска и вращающейся мелкой воды послужила основой для моделирования процесса генерации спиральных волн плотности на настольной экспериментальной установке» (А.М.Фридман, 2005).

**61) Аналогия Михаила Незлина.** Российский физик М.В.Незлин (1986) высказал предположение о том, что Большое Красное Пятно Юпитера, представляющее собой гигантский атмосферный вихрь, движущийся параллельно экватору Юпитера, является автосоликоном Россби, по аналогии с автосоликонами Россби, которые были экспериментально получены М.В.Незлиным в дифференциально вращающейся мелкой воде с помощью установки «Спираль». М.В.Незлин в статье «Соликоны Россби» (УФН, 1986, сентябрь) пишет о стадиях создания вихрей жидкости в установке «Спираль»: «На третьей стадии удалось создать самоорганизующийся и самоподдерживающийся в системе течений стационарный антициклонический одиночный вихрь – автосоликон Россби. На эту структуру можно смотреть как на физическую экспериментальную модель Большого Красного Пятна Юпитера, построенную методом физического аналогового моделирования на мелкой воде. Этот метод основан на аналогии уравнений, описывающих двумерную газодинамику и динамику мелкой воды» (Незлин, 1986, с.5). «Успешные опыты по созданию и исследованию солитона Россби, - поясняет М.В.Незлин, - сделали актуальной попытку реализации экспериментальной стационарной солитонной модели Большого Красного Пятна Юпитера и других крупномасштабных планетарных вихрей, самоподдерживающихся в системе неустойчивых встречных зональных течений и существующих произвольно долгое время, не ограниченное вязкими и другими потерями импульса» (там же, с.29).

**62) Аналогия В.А.Вшивкова, Г.Г.Лазаревой, А.В.Снытникова и В.Н.Снытникова.** В.А.Вшивков, Г.Г.Лазарева, А.В.Снытников и В.Н.Снытников (2006) предложили описывать процесс формирования протопланетного и галактического диска кинетическим бесстолкновительным уравнением Власова по аналогии с тем, как сам автор данного уравнения использовал его при описании коллективного поведения электронной плазмы. В.А.Вшивков, Г.Г.Лазарева и А.В.Снытников в учебном пособии «Численное моделирование гравитирующих систем» (Новосибирск, 2008) пишут: «Образование структуры диска (химические и газодинамические процессы пока не рассматриваются) представляет собой задачу многих тел в самосогласованном гравитационном поле. Хорошим приближением при моделировании самогравитирующего диска является кинетическое уравнение Власова-Лиувилля. Вместе с уравнением Пуассона для самосогласованного гравитационного поля они образуют систему уравнений звездной динамики...» (Вшивков, Лазарева, Снытников, 2008, с.67). «При изучении астрофизических процессов, в частности динамики галактик и протопланетных дисков, - пишут авторы в том же учебном пособии, - все большее значение приобретает численное моделирование вращения газопылевого облака. Общепринятая модель газопылевого диска состоит из двух компонентов: пылевого и газового. Для описания газового компонента используются уравнения газовой динамики. Поведение пылевого компонента можно описать бесстолкновительным уравнением Власова» (там же, с.107). В.Н.Снытников, осуществляя перенос уравнения Власова из теории плазмы в астрофизику, в статье «Астрокатализ как стартовый этап геобиологических процессов» (сборник «Эволюция биосферы и биоразнообразия», 2006) аргументирует: «Математическая модель предполагаемого гравитационного механизма формирования протопланет при развитии неустойчивости включает в себя уравнение Власова-Лиувилля динамики малых тел, уравнения газовой динамики и уравнение Пуассона для самосогласованного гравитационного поля» (В.Н.Снытников, 2006). Необходимо заметить, что до указанных авторов о применимости уравнения Власова в астрофизике догадывался А.Калнайс (1961). И.И.Паша в статье «Волновые теории спиральной структуры галактик в 1960-е годы» (сборник «Историко-астрономические исследования», 2002, том 27) пишет: «Осенью 1961 г. Калнайс выполнил исследовательскую работу «Звездная кинематика». Задача состояла в расчете самосогласованных радиальных колебаний во вращающемся звездном диске с целью объяснения ими «местных» рукавов Галактики. Малость межрукавного расстояния,  $L \leq 3kpc$ , оправдывала локальный анализ возмущений в плоскости тонкого однородного слоя. В рамках задачи на начальные условия Калнайс решил уравнения Власова и Пуассона, получив

уравнение осесимметричных колебаний и корректное дисперсионное соотношение общего вида» (И.И.Паша, 2002).

#### Глава 4 Аналогии в области химии

**1) Аналогия Никола Леблана.** Французский ученый Никола Леблан (1790) нашел условия промышленного синтеза соды по аналогии с исследованиями де ла Метри, который опубликовал в «Журнале физики» свои соображения о разложении сульфата натрия при нагревании его с углем. В книге К.Хайнига «Биографии великих химиков» (1981) имеется следующее примечание редактора: «Сам Леблан так говорил о влиянии работы де ла Метри: «Я нашел, что все вообще известные способы получения соды несовершенны, неполны и очень дороги... Гражданин де ла Метри поместил в «Журнале физики» свои замечания о разложении сульфата натрия при нагревании его с углем; он не сомневается, что новые опыты обнаружат когда-нибудь средства полностью разлагать этот сульфат, называемый глауберовой солью. Я ухватился за эту идею и добавлением углекислой извести вполне достиг своей цели. Я сообщил ла Метри, что его замечаниям я обязан первым этим успехом, потому что они были поводом к моему последнему труду» (Хайниг, 1981, с.359). В другом месте той же книги К.Хайнига редактор сообщает: «Леблан начал работы по искусственному получению соды в 1787 г. сначала без особого успеха, но после знакомства со статьей ла Метри в его работе произошел перелом; 25 сентября 1791 г. он получил патент на «Способ превращения глауберовой соли в соду» сроком на 15 лет» (там же, с.360).

**2) Аналогия Иоганна Риттера.** Иоганн Риттер (1798) пришел к выводу, что причиной возникновения электрического тока в вольтовом столбе служит протекание химической реакции, когда обнаружил совпадение (аналогию) электрохимического ряда напряжений металлов с рядом химических свойств металлов. Ряд напряжений металлов был составлен физиком Вольта в 1793 году. Риттер увидел, что этот ряд эквивалентен ряду окисления металлов (т.е. последовательности их сродства с кислородом и последовательности, в которой один металл вытесняется другим из растворов). В.Штрубе во втором томе книги «Пути развития химии» (1984) указывает: «В 1793 г. Вольта составил электрохимический ряд напряжений металлов; правда, он не связал этот ряд с химическими свойствами металлов. Эту связь обнаружил И.Риттер, установивший в 1798 г. что ряд напряжений Вольта совпадает с рядом окисления металлов – их сродством к кислороду или выделением их из раствора. Поэтому причину возникновения электрического тока Риттер увидел в протекании химической реакции» (Штрубе, 1984, с.42). Лауреат Нобелевской премии Вильгельм Оствальд в свое время подчеркивал, что Иоганн Риттер является действительным основателем электрохимии.

**3) Аналогия Якоба Берцелиуса.** Якоб Берцелиус (1802) предположил, что силой, заставляющей химические элементы образовывать соединения, являются электрические силы притяжения двух зарядов, по аналогии с экспериментами В.Франклина, который исследовал явление притяжения электрических зарядов. М.Джуа в книге «История химии» (1966) пишет: «...Берцелиус отмечает аналогию между вспышками при электрических разрядах и при химических реакциях. Берцелиус утверждает, что «при каждом химическом соединении происходит нейтрализация электричества противоположных знаков и что эта нейтрализация сопровождается образованием пламени тем же самым путем, как и при разряде лейденской банки, электрического столба и т.д.; единственная разница состоит в том, что эти разряды не

сопровождаются образованием химических соединений». От аналогии двух явлений Берцелиус должен был прийти к предположению об аналогии и внутренних причин, вызывающих эти явления, и затем попытаться выяснить, не может ли причина появления пламени в обоих рядах явлений состоять в соединении двух противоположных электрических зарядов» (Джуа, 1966, с.207). Кроме того, Берцелиус дедуктивно осмыслил свои опыты, проведенные совместно с Хизингером (1802), в ходе которых они использовали батарею Вольта и обнаружили, что при пропускании электрического тока через растворы солей щелочных металлов последние разлагаются с выделением составных частей. До Берцелиуса некоторые ученые считали причиной химического взаимодействия гравитацию Ньютона.

**4) Аналогия Гемфри Дэви.** Г.Дэви (1808) использовал для выделения кальция из щелочной земли способ подвода к земле электрического тока, пропускаемого через столбик жидкой ртути, по аналогии с таким же способом разложения земель, который до него использовал Берцелиус. Именно он и подсказал Дэви эту методику в одном из своих писем. И.Нечаев в книге «Рассказы об элементах» (1960) повествует: «Была построена новая, еще более мощная батарея – на пятьсот пар пластин. Но и с ней ничего не выходило. Нужны были новые пути. Наконец, шведский химик Берцелиус указал Дэви правильный путь. Он прислал письмо, в котором описал свой способ разложения земель и рекомендовал Дэви им воспользоваться. Берцелиус подводил ток к щелочной земле не по железной проволоке, а через столбик жидкой ртути. Расчет был такой. Когда металл выделится из земли под действием тока, он сразу растворится в ртути. Получится сплав нового металла с ртутью. А так как ртуть, как вода при нагревании, превращается в пар, то ее легко будет затем отогнать из сплава. И, в конце концов, новые металлы будут выделены в чистом состоянии. Дэви сейчас же последовал совету Берцелиуса, и ему удалось из всех земель извлечь новые металлы. Тот металл, который был получен из извести, он назвал кальций, потому что известь получается при обжиге мела, а мел по-латыни «кальке» (Нечаев, 1960, с.38).

**5) Аналогия Иоганна Вольфганга Деберейнера.** И.В.Деберейнер (1829) высказал идею о возможности определить атомную массу ряда химических элементов как среднее арифметическое атомных масс элементов, наиболее похожих на первый элемент по своим химическим свойствам, руководствуясь аналогией. Деберейнер перенес на такие элементы, как сера, селен и теллур, закономерность, установленную им для брома. К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) пишет о Деберейнере: «Позже ученый заметил, что еще не известная атомная масса брома может быть определена как среднее арифметическое известных атомных масс хлора и йода. Это предположение было подтверждено Берцелиусом в 1829 г. Получив поддержку такого знаменитого химика, Деберейнер распространил этот принцип также и на другие элементы (серу, селен, теллур, а также литий, натрий, калий). В основу такой классификации Деберейнер положил не только аналогию некоторых количественных отношений, но также аналогию свойств и характерных признаков элементов и их соединений» (Хайниг, 1981, с.120).

**6) Аналогия Юстуса Либиха.** Юстус Либих сделал заключение о способности животных производить жир из химических веществ, не содержащих жир, по аналогии с исследованиями Редтенбахера, который получил маргариновую кислоту при перегонке чистой стеариновой кислоты.

**7) Аналогия Шарля Жерара.** Ш.Ф.Жерар (1845) разработал классификацию органических веществ по естественным семействам, когда обратил внимание на аналогию (сходство) многих семейств (рядов) органических соединений. Е.В.Кузина, О.В.Ларина, Т.В.Титкова и О.А.Щеглова в книге «Энциклопедия открытий и изобретений человечества» (2006) пишут: «Ученые открыли, что органические соединения образуют ряды, отдельные члены этих рядов имеют много общего. Последовательное изменение состава соединений обуславливает

закономерное изменение физико-химических свойств. В 1842 г. немецкий химик Я.Г.Шиль открыл, что спирты образуют закономерный ряд. В этом ряду состав соединений меняется на некоторую постоянную величину. Именно таким образом определили гомологическую разность для одного класса соединений. В 1844-1845 гг. Ш.Ф.Жерар обосновал гомологию как общую закономерность органических соединений. Благодаря установлению гомологических рядов Жерар смог разработать классификацию органических веществ по естественным семействам. Открытие гомологических рядов дало возможность предвидеть существование еще неизвестных соединений» (Кузина, Ларина, Титкова, Щеглова, 2006, с.215). Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) отмечает: «В 1844-1845 гг. Жерар установил гомологию как общую закономерность органических соединений, следующим образом сформулировав понятие гомологии: «Существуют углеродистые соединения, выполняющие те же химические отправления, следующие тем же законам метаморфоз и содержащие то же самое количество элементов водорода, кислорода, хлора, азота и т.д., увеличенных или уменьшенных на  $\text{CH}_2$ . Я называю их гомологическими телами» (Соловьев, 1971, с.173).

**8) Аналогия Артура Кэли.** Известный математик, один из создателей матричного исчисления и исчисления определителей (детерминантов) Артур Кэли (1857) дал оригинальное математическое описание структуры предельных углеводородов, когда по аналогии перенес в химию углеводородов топологические представления (теорию графов) из области математики. В.И.Соколов в книге «Введение в теоретическую стереохимию» (1982) пишет о Кэли: «Уже более 100 лет назад, сразу же после введения в химию структурных формул, была понята их природа как химических графов. Первый деловой контакт между химией и математикой произошел на этой основе, когда в 1857 г. Кэли открыл класс нециклических графов – деревья, исходя из структуры предельных углеводородов. Перечисляя деревья, Кэли решил задачу о числе изомерных алканов. Тогда же Сильвестр указал, что химическому графу соответствует определенная матрица. Эта матрица топологическая...» (Соколов, 1982, с.216). Л.П.Олехнович в статье «Многообразие строения и форм молекул органических соединений» («Соросовский образовательный журнал», 1997, № 2) пишет об аналогии А.Кэли: «А.Кэли (1857, 1874-1875) был первым, кто использовал графовые представления (перечисления графовых «деревьев») в связи с подсчетом числа изомеров первых членов ряда предельных углеводородов – алканов. Действительно, только с помощью аппарата теории графов (теорема Пойа, 1937) можно решать задачи перебора (перечисления) всех структурных изомеров молекул  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ...» (Олехнович, 1997, с.45).

**9) Аналогия Пауля Гордана.** Крупный математик 19 века П.Гордан выступил с предложением о необходимости создания и развития новой науки – математической химии – когда заметил аналогию между интересными математическими объектами – бинарными инвариантами и схемой валентных связей в химии. Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) пишет: «В свое время Гордан отметил формальную аналогию между бинарными инвариантами и схемой валентных связей в химии – ту самую аналогию, которая задолго до него поразила Сильвестра, размышлявшего над тем, на каком примере следовало бы излагать теорию инвариантов, чтобы она была доступна широкой аудитории. Эти размышления легли в основу статьи, опубликованной Сильвестром... Гордан, по-видимому, не знал о своем предшественнике. Во всяком случае, скромное открытие аналогии между бинарными инвариантами и схемами химических валентных связей побудило его выступить с предложением об организации во всех германских университетах специальных кафедр новой науки – «математической химии». (...) Замечу попутно, что совсем недавно квантовая механика превратила формальную аналогию, замеченную Сильвестром и Горданом, в подлинную теорию, обнаружив, что бинарные инварианты являются удобным математическим средством для описания нескольких валентных состояний молекулы в

спиновом пространстве» (Вейль, 1989, с.277). В указанной книге Г.Вейля есть примечание редактора, который сообщает: «Эта аналогия весьма занимала самого Вейля» (там же, с.389).

**10) Аналогия Томаса Грехема.** Выдающийся химик, первооткрыватель закона диффузии газов Томас Грехем (1861) сформулировал идею о том, что в основе жизни лежит химия коллоидных растворов, отталкиваясь от сходства (аналогии) коллоидных соединений и компонентов живого вещества по таким признакам, как скорость диффузии сквозь мембраны и недоступность для кристаллизации. В книге «История биологической химии. Формирование биохимии» (2006) А.Н.Шамин пишет: «Т.Грехем свои исходные представления о коллоидах развивал в прямой связи с необходимостью объяснения явлений жизни с принципиально новых позиций. В своей первой работе 1861 г. он написал следующее: «Коллоидное состояние материи есть динамическое состояние, кристаллическое же есть статическое или состояние покоя. Коллоид обладает энергией. Он может быть рассматриваем как вероятный первичный источник силы, действующей в явлениях жизни». Грехем определил коллоиды как вещества, которые не могут проникать через некоторые мембраны, способны медленно диффундировать и не поддаются кристаллизации. Коллоиды, к которым он относил белки, составляют основу веществ, участвующих в жизненных процессах» (Шамин, 2006, с.154). В дальнейшем аналогию Грехема развивали такие ученые, как О.Бючли и Р.Гебер. В книге «История биологии с начала 20 века до наших дней» (1975) Л.Я.Бляхер, описывая спор между В.Флеммингом и Р.Альтманом относительно природы коллоидов, отмечает: «О.Бючли, пользовавшийся методом прижизненных наблюдений, придерживался мнения, что протоплазма представляет собой коллоид и что коллоидные частицы белка окружены слоем липидов, играющих роль эмульгатора. Этот спор сыграл положительную роль, так как в итоге привел к твердому заключению, что протоплазма является коллоидальной системой. Это в свою очередь послужило толчком к исследованию различных свойств биокolloидов клетки» (Бляхер, 1975, с.290). Как указывает Л.Я.Бляхер, «ионно-коллоидное направление особенно интенсивно развивалось в Германии, где ведущую роль играла школа профессора Р.Гебера в Киле (10-20-е годы), известного своими исследованиями по влиянию кислотности на взаимодействие ионов слей с биокolloидами. Он же впервые установил высокую электропроводность живых клеток для токов высокой частоты, показав, что она соответствует количеству находящихся в клетках свободных ионов солей. Эта электропроводность получила название внутренней электропроводности. Фундаментальная монография «Физическая химия клетки и ткани» (1926) Гебера долгое время служила для биофизиков настольной книгой» (там же, с.290).

**11) Аналогия Августа Кекуле.** Август Кекуле (1858) выдвинул гипотезу о том, что атомы углерода обладают определенной способностью к насыщению, то есть валентностью, по аналогии с исследованиями Э.Франкланда (1853), который установил способность к образованию фиксированного количества связей с другими атомами для металлоорганических соединений. К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) пишет: «Мысль о том, что атомы каждого элемента обладают определенной способностью к насыщению, или «атомностью» (Вихельхаус позднее назвал это валентностью), была высказана при рассмотрении металлоорганических соединений Э.Франкландом в 1853 г. и утвердилась за несколько лет до появления работы Кекуле в 1858 г. Но Кекуле распространил эту идею на углерод и связал ее с представлением о способности атомов углерода при насыщении своих «единиц сродства» образовывать цепи. Это механистическое учение о соединении атомов в цепи с образованием молекул легло в основу теории химического строения» (Хайниг, 1981, с.181).

**12) Аналогия Августа Кекуле.** Одной из исходных посылок догадки А.Кекуле (1865) о кольцевом строении молекулы бензола была аналогия с исследованиями И.Лошмидта, который изображал на бумаге молекулу бензола в виде кольца. К.Хайниг в книге «Биографии

великих химиков» (1853) отмечает: «Объединив в гипотезе строения бензола высказанные им ранее представления об образовании цепей углеродными атомами с учением Эрленмейера о существовании кратных связей, Кекуле пришел к идее о чередовании в молекуле бензола простых и двойных связей. Однако и здесь Кекуле имел предшественника И.Лошмидта, незадолго до того предложившего сходные по виду структурные формулы. Кекуле никогда не отрицал, что его взгляды опираются на мысли и выводы других ученых. Он выступал против утверждения, что «теория строения бензола появилась как метеор в небе...» (Хайниг, 1981, с.182). Об этом же говорит Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971): «Используя, по-видимому, представления И.Лошмидта о строении бензола и гипотезу Эрленмейера о существовании кратных связей, Кекуле в 1865 г. разработал теорию строения ароматических соединений» (Соловьев, 1971, с.204). В указанной книге Ю.И.Соловьева имеется примечание редактора, в котором сообщается: «В 1861 г. австрийский физик И.Лошмидт в книге «Конституционные формулы органической химии в графическом изображении» предложил ряд графических формул (для 368 органических соединений), в том числе и для бензола. Замкнув шесть атомов углерода в кольцо, Лошмидт во всех рассмотренных им ароматических соединениях бензольное ядро изображал большим кружком» (там же, с.204). Реконструкция К.Хайнига и Ю.И.Соловьева согласуется с описанием В.Штрубе, который во втором томе книги «Пути развития химии» отмечает: «Наибольшего успеха структурная теория достигла в установлении строения бензола  $C_6H_6$  – основного соединения ароматического ряда. В 1861 г. И.Лошмидт – физик из Вены – опубликовал статью «Химические исследования», в которой ввел понятие о двойной связи атома углерода и рассмотрел расположение атомов в пространстве. Для изображения бензола ученый использовал окружность, на которой пометил шесть точек для размещения атома водорода» (Штрубе, 1984, с.65). Со слов В.Штрубе, «Кекуле объяснял свой успех в установлении формулы бензола лишь «игрой воображения». Картина бензольного кольца возникла у него перед глазами во время размышлений перед камином. Однако из его записей об учебе у Либиха видно, что воображению Кекуле предшествовала серьезная работа» (там же, с.66).

**13) Аналогия Христиана Шенбайна.** Выдающийся химик, открывший озон, Христиан Шенбайн (1863) дал описание каталитических процессов, протекающих в живых организмах, то есть в веществе растительного и животного происхождения, по аналогии с описанием каталитических процессов, происходящих в неживой материи. А.Н.Шамин в книге «История биологической химии. Истоки науки» (2006) пишет: «Поскольку основным объектом исследований окислительных процессов Шенбайну служила реакция окисления гваяковой настойки, то аналогия между этими процессами и потемнением на воздухе некоторых растительных тканей привела его к изучению окислительных процессов в живых организмах» (Шамин, 2006, с.234). «Он сравнивал, - пишет Шамин о Шенбайне, - каталитическую активность красных кровяных телец и клейковины пшеницы с окислительной активностью некоторых органических и неорганических веществ. Этими экспериментами он хотел подчеркнуть полное сходство действия «активаторов» кислорода различного происхождения» (там же, с.236). Как указывает А.Н.Шамин, «сравнивая реакцию посинения гваяковой настойки в присутствии красных кровяных телец с реакцией в присутствии некоторых солей железа, Шенбайн надеялся получить данные для выяснения природы каталитической активности. В 1863 г. Шенбайн уже окончательно распространяет понятие «каталитическое действие» на вещества растительного и животного происхождения. Он публикует статью «О каталитическом действии органической материи и его распространении в растительном и животном мире», имевшую большое принципиальное значение. В ней он отстаивает взгляд на каталитические процессы, протекающие в живой материи, как на разновидность процессов химических, совершенно аналогичных процессам, вызываемым действием платины и других металлов, с той лишь разницей, что биологические катализаторы могут быть чисто органическими по своей природе» (Шамин, 2006, с.236). А.Н.Шамин в книге «История

биологической химии. Формирование биохимии» (2006) очень высоко оценивает достижения Х.Шенбайна: «Его теория впервые представила биологическое окисление как каталитический процесс. Это было важнейшим вкладом Шенбайна в развитие представлений не только об окислительных реакциях в организме, но вообще о всех процессах, протекающих в живых тканях и клетках» (Шамин, 2006, с.105).

**14) Аналогия Виктора Мейера.** Известный химик В.Мейер (1887) предложил кольцевые формулы для таких соединений, как индол, пиррол, фуран, тиофен, которые образуют обширную группу ароматических соединений, по аналогии с кольцевой формулой бензола, предложенной А.Кекуле. На основе той же аналогии Эрленмейер (1866) и Гребе (1869) предложили кольцевые формулы для нафталина и других углеводородов с конденсированными бензольными ядрами. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) говорит о работах, возникших после появления кольцевой формулы бензола: «Вскоре после этого были установлены аналогичные формулы нафталина (Эрленмейер, 1866 г.; Гребе, 1869) и других углеводородов с конденсированными бензольными ядрами» (Соловьев, 1971, с.205).

**15) Аналогия Адольфа Байера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1905 год Адольф Байер пришел к мысли о возможности синтезировать известный краситель ализарин путем его нагревания с цинковой пылью по аналогии с тем, что нагревание с цинковой пылью в свое время позволило ему определить структуру индиго. Сам Байер не стал заниматься технической реализацией этой мысли, доверив эту работу своим ученикам Карлу Гребе и Карлу Либерманну, которые воспользовались подсказкой-анalogией Байера и разработали промышленный синтез индиго. Во втором томе книги «Великие химики» (1985) К.Манолов описывает диалог Байера и Гребе, в ходе которого Байер подсказал Гребе и Либерманну синтез ализарина путем нагревания с цинковой пылью: «Несомненно, ализарин – производное хинона», - утверждал Гребе. «Вам нужно дойти до основного соединения – углеводорода, - сказал Байер.- Если будет известно, какой углеводород лежит в основе ализарина, то синтез этого вещества трудности не представит». «Пока мы знаем, что исходный углеводород – ароматический, но не известно, какого ряда – бензола или нафталина». «А почему бы вам не попытаться провести нагревание с цинковой пылью? Ведь благодаря тому, что я применил этот способ, структура индиго в общих чертах стала понятна: в результате окисления индиго получается изатин, который после восстановления цинком переходит в индол, соединение, не содержащее кислорода. Попробуйте и вы» (Манолов, 1985, с.177). «Открытый Байером метод восстановления органических веществ путем нагревания их с цинковой пылью, - пишет Манолов, - имел огромное значение для науки и промышленности. И хотя, подчеркивая заслугу Гребе и Либерманна, часто забывают упомянуть его имя, Байер утешался мыслью, что он все же был первым, кто дал решающий толчок осуществлению такой практически важной научной проблемы» (там же, с.178). В книге «Техника в ее историческом развитии» (1982) С.В.Шухардин описывает изобретение промышленного синтеза ализарина без указания той подсказки, которой воспользовались Гребе и Либерман. «В 1868 г., - пишет С.В.Шухардин, - немецкие химики К.Гребе и К.Т.Либерман расшифровали строение ализарина, издавна производившегося из корней марены. Они установили, что ализарин является производным антрахинона – широко доступного продукта, получаемого окислением антрацена, входящего в состав каменноугольной смолы. К.Гребе и К.Т.Либерман первые синтезировали ализарин, и с 1869 г. началось его промышленное производство. В связи с широким распространением синтетического ализарина и его низкой стоимостью разведение марены было полностью прекращено» (Шухардин, 1982, с.199).

**16) Аналогия Адольфа Байера.** А.Байер выдвинул знаменитую теорию напряжения, согласно которой в молекуле бензола и в других подобных веществах связи между атомами

углерода находятся под напряжением из-за присутствия в молекуле других атомов (помимо атомов углерода), руководствуясь следующей аналогией. Занимаясь расшифровкой строения индиго и поиском путей его промышленного синтеза, А.Байер синтезировал немало соединений, называемых полиацетиленами. Он заметил, что полиацетилены отличаются неустойчивостью, а иногда даже взрывчатостью. Эту неустойчивость он объяснил тем, что связи между атомами, образующими полиацетилены, находятся под напряжением. Затем он по аналогии пришел к идее о том, что в молекулах типа бензола связи между атомами также находятся под напряжением. Эта аналогия и явилась основой теории напряжений Байера. А.М.Цукерман в статье «Адольф Иоганн Фридрих Вильгельм фон Байер» (сайт «Электронная библиотека учебных материалов по химии») отмечает: «Еще в «индиговый период», задавшись целью изучения полиацетиленов, он синтезировал и исследовал немало соединений этого ряда. Их неустойчивость, а иногда даже взрывчатость привели Байера к размышлениям об аналогии образования и устойчивости двойных и тройных связей с образованием и устойчивостью малых трех- и четырехчленных циклов, над которыми в то время работал в его лаборатории практикант Перкин младший. Аналогия привела к знаменитой «теории напряжений», частично верной, частично, как оказалось, ошибочной, но до сих пор (уже почти 100 лет) дающей пищу для теоретиков» (А.М.Цукерман, Интернет).

**17) Аналогия Дмитрия Менделеева.** Дмитрий Менделеев (1869) пришел к идее о том, что для построения объективной системы химических элементов необходимо располагать их в порядке возрастания их атомной массы, а не в каком-либо другом порядке, по аналогии с представлениями Ньютона и Дальтона о важной роли массы вещества в классической механике и химии эпохи Дальтона. Б.М.Кедров в книге «Мировая наука и Менделеев» (1983) констатирует: «Открытый Менделеевым закон (1869) гласил: измеримые химические и физические свойства элемента и его соединений периодически зависят от атомного веса элементов. К этому выводу Менделеев пришел, придерживаясь, подобно Дальтону, общих ньютоновских воззрений. Руководящей нитью ему служило понятие массы, которое составляло фундамент механики Ньютона и вытекавшей из нее атомистики Дальтона» (Кедров, 1983, с.83). Как писал в свое время сам Менделеев, «со времен Лавуазье, Дальтона и Авогадро-Жерара химия... поставив массу (вес) вещества во главе всех своих обобщений, пошла за Галилеем и Ньютоном» (цит. по: Кедров, 1983, с.87).

**18) Аналогия Дмитрия Менделеева.** Дмитрий Менделеев (1869) открыл периодический закон химических элементов, согласно которому свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от их атомного веса, когда обнаружил сходство (аналогию) свойств элементов через каждые семь элементов, если расположить их в порядке возрастания атомного веса (Н.А.Фигуровский, «Д.И.Менделеев», 1983). В книге «Когнитивная наука» (2006) Б.В.Величковский отмечает: «Наконец, последнее крупное препятствие на пути к Периодической системе было взято, когда Менделеев заметил, что сами «группы периодичности» обнаруживают сходство «через одну», что нашло свое выражение в различиях заполнения четных и нечетных строк таблицы элементов» (Величковский, 2006, с.238). Аналогичную закономерность выявил Дж.А.Р.Ньюлендс (1864), однако он не разработал систему химических элементов с такой тщательностью, чтобы предсказать еще не открытые элементы и изменить атомные веса тех элементов, которые были уже открыты, но недостаточно изучены. Н.А.Фигуровский в книге «Д.И.Менделеев» (1983) пишет о Ньюлендсе: «Почти одновременно с «винтовой линией» де Шанкуртуа появилась табличная система Дж.А.Р.Ньюлендса, названная им «законом октав». В 1864 г. Ньюлендс опубликовал список 61 элемента, расставленных в порядке возрастания атомных весов. Список этот имел целью расчет разности эквивалентных весов между соседними элементами» (Фигуровский, 1983, с.78). Фигуровский добавляет: «Ньюлендс подчеркивает, что номера химически сходных элементов отличаются друг от друга на число 7 (или кратное 7). Иными словами, наблюдается такая же картина, как в музыкальной гамме – восьмая нота повторяет первую.

Поэтому он предложил назвать свою таблицу «законом октав» (там же, с.78). Об этом же пишет М.Джуа в книге «История химии» (1966): «Почти одновременно Джон Александер Рейна Ньюлендс (1838-1898), располагая элементы по возрастанию атомного веса, заметил, что можно составить группы из семи элементов, так что восьмой элемент, считая от данного, обладает свойствами, аналогичными первому в предшествующей группе. Ньюлендс связал такую правильность с музыкальными октавами и определил ее как закон или правило октав» (Джуа, 1966, с.267).

**19) Аналогия Феликса Гоппе-Зейлера.** Известный ученый, открывший гемоглобин, Ф.Гоппе-Зейлер (1878) предложил теорию биологического окисления, в которой медленное окисление объясняется параллельной активацией кислорода и водорода, отталкиваясь от двух аналогий. Первая аналогия представляла собой распространение на биологическую сферу идеи А.Де-ла-Рива (1846) о сопряженности окислительных и восстановительных процессов, а вторая аналогия состояла в экстраполяции на ту же биологическую сферу идеи Г.Озанна (1853) о механизме восстановления соединений серебра в растворе при электролизе. В книге «История биологической химии. Формирование биохимии» (2006) А.Н.Шамин указывает: «Теория Гоппе-Зейлера развивала и распространяла на биологическую сферу идею А.Де-ла-Рива о единстве (сопряженности, как мы бы сказали теперь) окислительных и восстановительных процессов. Схема Гоппе-Зейлера показывала, что реакции восстановления содействуют образованию в живой клетке или тканях большого числа легко окисляющихся веществ» (Шамин, 2006, с.108). «Эта схема, - замечает Шамин, - была приложена Гоппе-Зейлером к конкретному механизму биологического окисления в тканях при участии открытого им в 1867 г. гемоглобина. Но построена она была не на основе биологических экспериментов, а на аналогии с чисто химическими моделями, в частности на работах Г.Озанна, который в 1853 г. наблюдал восстановление соединений серебра в растворе разведенной серной кислоты при электролизе с углеродно-платиновыми электродами. В 1865 г. восстановление меди в присутствии платины наблюдал Н.Н.Бекетов, а в 1866-1868 гг. Т.Грехем изучал активацию водорода в присутствии платины или палладия. Подобные опыты проводил и Гоппе-Зейлер, пытаясь разобраться в чисто химических механизмах реакции. Он обнаружил, что свежеприготовленный гидрид палладия восстанавливал сульфат меди в металлическую медь, превращал хинон в гидрохинон, обесцвечивал индиго и, что самое главное, переводил оксигемоглобин в метгемоглобин» (Шамин, 2006, с.109).

**20) Аналогия Я.Вант-Гоффа и Ж.Ле-Беля.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1901 год Якоб Вант-Гофф (1874) пришел к идее о существовании асимметрического атома углерода, определяющего оптическую активность ряда химических соединений, по аналогии с исследованиями И.Вислиценуса, в которых описывалось предполагаемое строение молочной кислоты. Независимо от Вант-Гоффа к идее о существовании асимметрического атома углерода пришел Жозеф Ле-Бель, который при этом действовал по аналогии предположением Луи Пастера (1848) о существовании асимметрической грани в кристаллах, определяющей их способность вращать плоскость поляризации света вправо или влево. Тип асимметрии, который был обнаружен Пастером в кристаллах винной кислоты, Ле-Бель смело перенес на молекулы этой и других оптически активных кислот. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) отмечает: «Среди большого количества исследований, непосредственно предшествовавших и обусловивших появление работ Вант-Гоффа и Ле Беля по стереохимии, особое значение имели труды Л.Пастера и И.Вислиценуса. Идеи Пастера о молекулярной дисимметрии как причине оптической активности оказали прямое влияние на Ле Беля; они явились исходным пунктом его гипотезы о существовании углеродного тетраэдра. Исследования же Вислиценуса, посвященные изучению строения молочных кислот, оказали непосредственное влияние на Вант-Гоффа. Мысль об углеродном тетраэдре, вспоминал Вант-Гофф, зародилась у него после чтения в 1873 г. в Утрехте статьи Вислиценуса о молочной кислоте» (Соловьев, 1971, с.210). Об этом

же пишут И.Идзуми и А.Таи в книге «Сtereo-дифференцирующие реакции» (1979): «В 1874 г. Вант-Гофф и одновременно Ле Бель выдвинули концепцию пространственного расположения четырех заместителей при атоме углерода. Вант-Гофф развил свою идею на основании представлений Кекуле и Вислиценуса, тогда как Ле Бель базировался на работах Пастера» (Идзуми, Таи, 1979, с.16).

**21) Аналогия Якоба Вант-Гоффа.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1901 год Я.Вант-Гофф (1885) построил термодинамическую теорию разбавленных растворов по аналогии с теорией газов. Он перенес в теорию растворов такие газовые законы, как закон Бойля-Мариотта (давление газа пропорционально его плотности), закон Гей-Люссака (давление газа пропорционально температуре), закон Клапейрона, закона Авогадро т.д. Н.А.Фигуровский в книге «Д.И.Менделеев» (1983) отмечает: «В 1885 г. голландский ученый Я.Г.Вант-Гофф опубликовал классический труд «Химическое равновесие в системе газов и разведенных растворов». На основе механического сопоставления растворов с газами Вант-Гофф рассмотрел вопрос о применимости законов Бойля и Гей-Люссака к разбавленным растворам и вывел уравнение для осмотического давления в разбавленных растворах  $p_v = I RT$ , получившее название «осмотического закона Вант-Гоффа» (Фигуровский, 1983, с.170). Началом исследований Вант-Гоффа явилось знакомство с работами Пфеффера, который нашел, что осмотическое давление всех без исключения растворов увеличивается с возрастанием температуры. Пфеффер также установил, что давление растворов зависит от их концентрации. При анализе данных Пфеффера Вант-Гофф вспомнил, что давление газов также увеличивается с увеличением температуры (закон Гей-Люссака) и что оно также зависит от концентрации (закон Бойля-Мариотта). Сходство законов, которым подчиняются газы и растворы, привело его к мысли о применении к растворам результатов кинетической теории газов. Как пишет историк химии Ю.И.Соловьев, «...сама аналогия осмотического и газового давления дала возможность поставить на строгий математический фундамент представление о сходстве газов и растворов» (Ю.И.Соловьев, «История учения о растворах», 1959). К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) отмечает: «Последним крупным вкладом Вант-Гоффа в теоретическую химию во время амстердамского периода его деятельности было открытие аналогии осмотического и газового давления. На основании сформулированных Раулем эмпирических закономерностей о повышении точки кипения и понижении точки замерзания растворов Вант-Гофф в 1885 г. разработал осмотическую теорию растворов. Он показал аналогию поведения растворенных веществ и газов...» (Хайниг, 1981, с.260). Я.М.Гельфер в книге «История и методология термодинамики и статистической физики» (1981) подчеркивает: «...Вант-Гофф в 1885 г. установил аналогию между свойствами разбавленных растворов и идеальными газами и показал, что осмотическое давление разбавленного раствора равно давлению идеального газа, который при температуре раствора занимает одинаковый с ним объем и содержит число молей, равное числу молей растворенного вещества. Это означало, что уравнение состояния разбавленного раствора должно быть аналогичным уравнению идеального газа Клапейрона-Менделеева...» (Гельфер, 1981, с.390).

**22) Аналогия Якоба Вант-Гоффа.** Вант-Гофф открыл уравнение изохоры, то есть формулу равновесия термической диссоциации по аналогии с известным уравнением Клапейрона-Клайзиуса, где теплота перехода (плавления, испарения) выражается через абсолютную температуру, разность объема двух фаз – твердого тела и жидкости – и давление (Р.Б.Добротин и Ю.И.Соловьев, «Вант-Гофф», 1977).

**23) Аналогия Якоба Вант-Гоффа.** Уравнение для работы химической реакции было найдено Вант-Гоффом (1884) по аналогии с формулой Карно для работы идеальной тепловой машины. Рассматривая указанное уравнение Вант-Гоффа, историк науки Ю.И.Соловьев указывает, что оно удивительно напоминает уравнение Карно. Разница сводится лишь к тому, что роль

температуры нагревателя у Вант-Гоффа играет температура перехода, роль теплоты, полученной от нагревателя, выполняет тепловой эффект реакции, а работа, произведенная тепловой машиной, оказывается у Вант-Гоффа работой реакции (Р.Б.Добротин, Ю.И.Соловьев, «Вант-Гофф», 1977). Кроме того, Вант-Гофф (1884) по аналогии перенес из физики, а именно из работ Г.Гельмгольца (1882), в химию представление о том, что направление и сила химической реакции определяются максимальной работой, которую может совершить данная реакция. В книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) Ю.И.Соловьев констатирует: «Вант-Гофф дал точный метод измерения сродства химических процессов через максимальную работу, какую они могут совершить. Эта мысль, как было сказано выше, содержалась уже в работах Гельмгольца. Однако химики того времени мало что могли извлечь из способа изложения Гельмгольца и приведенных им примеров. Только благодаря исследованиям Вант-Гоффа эта основная мысль получила важное значение для химии, наметив новые пути в изучении химического сродства» (Соловьев, 1971, с.324). Следует пояснить, что в работе «К термодинамике химических реакций» (1882) Гельмгольд установил принцип, согласно которому направление и сила химической реакции в системе реагирующих веществ определяются изменением той ее части, которая способна непосредственно превращаться в механическую работу или иную форму энергии. Именно этот принцип Вант-Гофф перенес из физики в химию.



«В Аррениусе не было ничего академического. Сам он был крепко сложенным, светловолосым, голубоглазым и румяным, настоящим сыном шведской сельской местности. По характеру он был открытым, великодушным и экспансивным человеком. В нем было много здоровой энергии, первобытной силы».

Джеймс Уоркер (английский химик)

**24) Аналогия Сванте Аррениуса.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1903 год Сванте Аррениус (1882) выдвинул гипотезу о том, что в растворах электролитов различные вещества (кислоты, основания и соли) распадаются на ионы без воздействия электрического тока, по аналогии с тем, что в газах молекулы распадаются на ионы также без воздействия электрического тока. Изучая электропроводность сильно разбавленных водных растворов электролитов, Аррениус обнаружил у них ненормально высокое осмотическое давление. Он знал, что высокое давление газов объясняется распадом газовых молекул на ионы, поэтому он по аналогии решил, что и высокое давление растворов является результатом распада молекул раствора на ионы. Эта аналогия позволила Аррениусу построить теорию электролитической диссоциации, за которую он был удостоен в 1903 году Нобелевской премии. «Если газ обнаруживает такое отклонение от закона Авогадро, - пишет Аррениус, - это объясняется предположением, что газ находится в состоянии диссоциации. Состояние брома или йода при более высоких температурах может служить хорошим примером. Мы рассматриваем эти вещества в таких условиях как распавшиеся на простые атомы. Тот же способ может быть применен для того, чтобы объяснить исключения из закона Вант-Гоффа...» (Ю.И.Соловьев, Н.А.Фигуровский, «Сванте Аррениус», 1959). Другая аналогия, которую реализовал Аррениус, состояла в переносе представлений физиков Т.Гротгуса, Р.Клаузиуса и В.Гитторфа о распаде молекул на ионы из физики в химию. В книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) Ю.И.Соловьев говорит о предшественниках Аррениуса: «Таким образом, трудами Гротгуса, Дэви, Берцелиуса, Фарадея, Гитторфа, Кольрауша, Гельмгольца были установлены законы движения ионов и высказаны предположения, что электролиты в растворах распадаются на ионы без воздействия электрического тока. Однако эти эпизодические высказывания физиков не изменили господствующего среди большинства химиков убеждения в том, что разложение электролита в растворе происходит только под

влиянием электрического тока» (Соловьев, 1971, с.282). Понятие об ионе сложилось в области электрохимии, и долгое время для «чистых» химиков оно оставалось чуждым и непонятным, несмотря на то, что зачастую они, сами того не подозревая, изучали ионные реакции. Ю.И.Соловьев пишет: «Существенно подчеркнуть, что Аррениус перенес проблему ионов из сферы физики на почву химии и плодотворно применил свою теорию для объяснения многих химических процессов» (там же, с.283).

**25) Аналогия Анри Ле Шателье.** Известный химик Анри Ле Шателье (1884) открыл принцип, согласно которому если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий, то равновесие смещается таким образом, чтобы уменьшить изменение, по аналогии с правилом индукции Эмилия Ленца. Данное правило гласит, что возникающий в замкнутом контуре индукционный ток направлен так, что создаваемый им поток магнитной индукции через площадь, ограниченную контуром, стремится препятствовать тому изменению потока, которое вызывает данный ток. Таким образом, известный принцип Ле Шателье-Брауна возник по аналогии с правилом индукции Ленца. В «Большой советской энциклопедии» указывается: «В общем виде принцип смещения равновесия установлен А.Ле Шателье (1884) и термодинамически обоснован К.Брауном (1887). Исторически Ле Шателье-Брауна принцип был сформулирован по аналогии с правилом индукции Ленца...». И.П.Базаров в книге «Термодинамика» (1991) отмечает: «Принцип Ле Шателье-Брауна был получен чисто интуитивно, в результате поиска термодинамического аналога закона индукции Ленца: индукционный электрический ток имеет такое направление, при котором ослабляется внешняя причина, его вызывающая. Значение принципа Ле-Шателье-Брауна состоит в том, что он позволяет предсказать направление, в котором под влиянием внешнего воздействия изменится термодинамический процесс, протекающий в произвольной системе» (Базаров, 1991, с.131). Указанную аналогию Ле Шателье описывает также И.И.Свентицкий в статье «Исходному принципу естествознания XXI века более 260 лет» (Интернет): «Если принцип наименьшего действия минимизирует переход потенциальной энергии в кинетическую и наоборот, то закон Ленца минимизирует переход магнитной энергии в электрическую и наоборот. Ле-Шателье принцип своего имени формулировал по подобию закона электромагнитной инерции Ленца. Это дает основание рассматривать эти принцип и закон в определенном смысле подобными (тождественными)» (И.И.Свентицкий, Интернет).

**26) Аналогия Анри Ле Шателье.** Анри Ле Шателье построил теорию сплавов металлов по аналогии с теорией разбавленных растворов Вант-Гоффа, когда сравнил кривые охлаждения водных растворов нитрата калия, хлорида калия и нитрата натрия с кривыми охлаждения сплавов олова и висмута и заметил ихзначительное сходство. К.Манолов во втором томе книги «Великие химики» (1985) воспроизводит беседу Ле Шателье с Раймоном Этьеном при исследовании указанных кривых: «Достаточно, - прервал его Ле Шателье, взял несколько графиков и положил их рядом. - Посмотрите, как они похожи! Сначала крутой наклон, потом более пологое снижение и в конце горизонтальная линия. Одинаковое физическое состояние этих систем дает аналогичные графики. Что, в сущности, получается? При высокой температуре один металл растворяется в другом, как кусок сахара в воде». «Аналогия наглядная, - добавил Раймон. - Ясно, что в расплавленном состоянии сплавы похожи на растворы». «Именно так, - подтвердил Ле Шателье. - Но можно ли утверждать, что и после затвердевания сплавы являются растворами?». «Возможно, получается твердый раствор, - нерешительно предположил Этьен» (Манолов, 1985, с.217). Интересно, что аналогия между растворами и сплавами была выявлена еще в 1868 году выдающимся русским ученым-металлургом Дмитрием Константиновичем Черновым (1839-1921).

**27) Аналогия Фридриха Нернста.** Лауреат Нобелевской премии по химии 1920 года, первооткрыватель третьего закона термодинамики Фридрих Нернст (1889) разработал

осмотическую теорию возникновения гальванического тока по аналогии с теорией осмотического давления Вант-Гоффа (1885) и теорией электролитической диссоциации Аррениуса (1882). Нернст синтезировал в своей концепции две указанные теории. Основанием для этой аналогии и этого синтеза послужило то, что в 1888 году Нернст сравнил скорость осмотической диффузии ионов сквозь полупроницаемую перегородку со скоростью движения ионов при электролизе и обнаружил, что эти скорости совпадают. Согласно теории гальванического тока Нернста, «при концентрации ионов металла (электрода) выше, чем их концентрация в растворе, они осаждаются на электроде и отдают свой заряд. Но в обоих случаях на пути ионов встречаются двойные электрические слои. Их заряд тормозит осаждение ионов или растворение данного металла» (Д.К.Самин, «100 великих научных открытий», 2006).

**28) Аналогия Альфреда Вернера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1913 год, швейцарский химик Альфред Вернер (1890) построил стереохимическую теорию соединений азота, в которой объяснил оптическую активность этих соединений наличием асимметрического атома азота, по аналогии с теорией асимметрического атома углерода Вант-Гоффа (1874). Еще предшественник Вернера И.Вислиценус считал необходимым перенести стереохимическую теорию Вант-Гоффа на пятивалентный азот. Первое пространственное изображение 5-атомного азота принадлежит самому Вант-Гоффу. «...Надо исследовать, - писал Вернер в 1890 году накануне своих исследований соединений азота, - нельзя ли перенести гипотезу, развитую Я.Вант-Гоффом и И.Вислиценусом в отношении атома углерода, на атом азота и, может быть, даже на другие многовалентные атомы» (П.И.Старосельский, Ю.И.Соловьев, «Альфред Вернер и развитие координационной химии», 1974). Кроме И.Вислиценуса о переносе стереохимической концепции Вант-Гоффа на другие элементы (помимо углерода) говорил С.Г.Бюйс-Балло (1875). В книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) Ю.И.Соловьев указывает: «В основополагающей работе Вант-Гоффа подчеркивалось, что «исходный пункт» всех его рассуждений находится в химии соединений углерода. Но уже в 1875 г. С.Г.Бюйс-Балло – профессор физики в Утрехте – обратился к Вант-Гоффу с «Открытым письмом», в котором указывалось, что новое учение должно распространяться не только на соединения одного элемента - углерода» (Соловьев, 1971, с.219). «В 1890 г., - поясняет Ю.И.Соловьев, - появилась работа А.Ганча и А.Вернера «О пространственном расположении атомов в азотсодержащих молекулах», в которой авторы широко распространили стереохимические идеи Вант-Гоффа на соединения азота. При этом они исходили из основного положения о том, что «три валентности атома азота в некоторых соединениях направлены к углам (в общем случае неправильного) тетраэдра, четвертый угол которого занимает сам атом азота» (там же, с.220). В книге «Биографии великих химиков» (1981) К.Хайниг указывает: «Сtereoхимические воззрения Вант-Гоффа постепенно получили подтверждение и применение не только в органической химии, но спустя 20 лет и в неорганической химии. Соотношения, установленные для асимметрического атома углерода, были успешно использованы в 1890 г. Альфредом Вернером для объяснения случаев изомерии у асимметрического атома азота» (Хайниг, 1981, с.258).

**29) Аналогия Альфреда Вернера.** Альфред Вернер построил координационную теорию комплексных соединений ряда металлов по аналогии со стереохимической теорией соединений углерода Вант-Гоффа и по аналогии со своей стереохимической теорией соединений азота. Существенное влияние на представления А.Вернера оказало также заключение Д.И.Менделеева о сходстве природы аммиакатов и кристаллогидратов. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) отмечает: «...Сtereoхимические представления были распространены А.Вернером на область комплексных соединений платины, кобальта, хрома и других металлов» (Соловьев, 1971, с.224). Об этом же говорится в книге П.И.Старосельского и Ю.И.Соловьева «Альфред Вернер и развитие координационной химии» (1974): «...Генезис координационной теории

лежит, в частности, в стереохимических представлениях Вернера 1890 года, поскольку он уже тогда размышлял о «других многовалентных атомах» (Старосельский, Соловьев, 1974). В этой же книге Старосельский и Соловьев пишут: «...Мы можем «киноленту» истории возникновения координационной теории прокрутить обратно и посмотреть, какие идеи его предшественников помогли Вернеру совершить революцию в неорганической химии. На этой «киноленте» давних лет мы видим, прежде всего, фигуры таких ученых, как Вант-Гофф и Менделеев, труды которых оказали самое непосредственное влияние на основателя координационной теории. Мы видим Вернера с немецким изданием «Основ химии» Менделеева в руках. Вывод Менделеева, что природа аммиакатов и кристаллогидратов совершенно одинакова, что механизм процесса присоединения к солям молекул  $\text{NH}_3$  и молекул  $\text{H}_2\text{O}$  аналогичен, привлек особое внимание Вернера» (Старосельский, Соловьев, 1974).

**30) Аналогия Николая Зелинского.** Николай Зелинский выдвинул гипотезу о каталитической природе гидролиза белков при пищеварении по аналогии со своими модельными опытами, в ходе которых он изучал гидролиз белковых веществ в автоклавах в присутствии соляной кислоты. В книге «Биографии великих химиков» (1981) К.Хайниг констатирует: «На основании положений органического катализа Зелинский провел исследования белков и пришел к логическому выводу, что гидролиз белков при пищеварении является каталитическим процессом. Зелинский провел гидролиз белковых веществ в автоклавах с разбавленной соляной кислотой в течение довольно короткого времени и получил при этом помимо нерастворимых продуктов (например, высшие монокарбоновые кислоты и стерины) водорастворимый гидролизат. В водном гидролизате Зелинский обнаружил кроме аминокислот также их циклические ангидриды – дикетопиперазины. В результате специально поставленных опытов Зелинский пришел к выводу, что дикетопиперазины образуются не при гидролизе из аминокислот, а присутствуют уже в самих белковых веществах. Тем самым он внес выдающийся вклад в изучение носителей живой материи – белковых веществ» (Хайниг, 1981, с.218).

**31) Аналогия Вильяма Рамзая.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1904 год Вильям Рамзай, открыв инертный газ аргон, предсказал существование целого семейства инертных газов, по аналогии с наличием семейств других химических элементов в периодической таблице Менделеева (А.Азимов, «Краткая история химии», 2000).

**32) Аналогия Николая Морозова.** Н.А.Морозов (1890-е годы) выдвинул гипотезу о сложном составе атома и о существовании субатомных частиц по аналогии со сложным составом и строением органических соединений – углеводов, включающих цепочки атомов углерода и атомы водорода, которые ученый и революционер уподоблял субатомным частицам. Г.Файбусович в статье «26 тетрадей Морозова» (журнал «Химия и жизнь», 1971, № 8) пишет: «Мысль об «атомикулах», составляющих атомы, возникла у шлиссельбургского узника из аналогии со сложными органическими соединениями – углеводородами, которые представляют собой цепочки атомов углерода с присоединенными к нему атомами водорода. В молекулах углеводов (Морозов называет их карбогидридами) группы  $\text{CH}$  и  $\text{CH}_2$  играют роль, так сказать, сложных атомов. Они неустойчивы в свободном виде, тем не менее, это реально существующие комплексы. Их место в структуре карбогидридов – так он считает – может быть уподоблено положению элементарных частиц в структуре атома. Сходство это, по мнению Морозова, простирается достаточно далеко. Особенно ярко сходство между семьей химических элементов и семейством карбогидридов проявляется в законе валентности, которая применительно к углеводородам означает способность неопредельных углеводов присоединять к себе новые атомы углерода и водорода» (Г.Файбусович, 1971).

**33) Аналогия Николая Морозова.** Н.А.Морозов (1890-е годы) построил периодическую систему углеводородов по аналогии с периодической системой элементов Менделеева. Когда Н.А.Морозов обратил внимание на наличие семейства предельных углеводородов, обладающих предельной валентностью и не способных присоединять к себе дополнительные радикалы, он по аналогии решил, что им в периодической системе Менделеева должно существовать семейство инертных элементов, не вступающих во взаимодействие с другими атомами. Так Н.А.Морозов чисто теоретически предсказал группу инертных газов, которая позже была открыта экспериментально. Г.Файбусович в статье «26 тетрадей Морозова» (журнал «Химия и жизнь», 1971, № 8) пишет о Морозове: «Он расположил углеводороды «в порядке возрастания паевого веса» (т.е. по числу углеродных атомов в цепочке). Оказалось, что изменение химических свойств вещества происходит пропорционально удлинению цепи. И Морозов построил «периодическую систему» карбогидридов, подобную системе элементов, созданной Менделеевым. Но тут же выяснилось, что система Менделеева нуждается в дополнении. Восемь рядов ее более или менее аналогичны восьми рядам непредельных углеводородов. А для так называемых предельных соединений в ней не нашлось аналогии. Сравнивая валентность химических элементов с «валентностью» карбогидридов, Морозов пришел к выводу, что в семье элементов должна существовать особая, не предусмотренная автором периодического закона группа. По аналогии с предельными углеводородами, не способными присоединять к себе дополнительные радикалы, должны существовать и «предельные» элементы, атомы которых не вступают во взаимодействие с другими атомами. Эти инертные элементы образуют нулевую группу, так как их валентность равна нулю. Так Морозов снова совершил открытие, которое можно сравнить с открытием планеты Нептун на «кончике пера» (Г.Файбусович, 1971).

**34) Аналогия Эмиля Фишера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1902 год Эмиль Фишер (1891) развил стереохимические представления об изомерии сахаров и их производных по аналогии со стереохимической теорией Вант-Гоффа (1874). Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) констатирует: «Фишер использовал стереохимическую теорию для объяснения изомерии сахаров и их производных. Он разработал методы синтеза оптически деятельных сахаров и приемы превращения одних изомеров в другие» (Соловьев, 1971, с.216). «Фишер, - поясняет Соловьев, - в речи, посвященной памяти Вант-Гоффа, вспомнил о большом впечатлении, которое произвела на него и на его учителя Байера брошюра Вант-Гоффа «Химия в пространстве». «Однажды, - писал Фишер, - Байер пришел в лабораторию с брошюрой Вант-Гоффа в руках, со словами: «Вот опять появилась новая действительно хорошая мысль в нашей науке, она, наверное, принесет богатые плоды» (там же, с.215). Об этом же говорит А.Н.Шамин в послесловии к книге Э.Фишера «Избранные труды» (1979): «В 1891 г. Э.Фишер разработал схему определения стереохимических формул моносахаридов в соответствии с теоретическими положениями гипотезы Вант-Гоффа – Ле Беля и собственными экспериментальными данными. Эти работы были не только основополагающими в теоретической химии углеводов, но и первыми фундаментальными стереохимическими обобщениями, послужившими образцом для создания аналогичных схем для других групп соединений, обладающих асимметрическими углеродными атомами. Э.Фишер позднее сам распространил эти изыскания на область аминокислот» (Фишер, 1979, с.613). Сам Э.Фишер в книге «Избранные труды» (1979) указывает: «Воодушевленный превосходным соответствием теории и результатов постоянно прогрессирующих экспериментальных исследований, которые не раз удивляли меня в процессе моей работы, я уже три года назад попытался сделать выводы о конфигурации отдельных сахаров и благодаря этому создать рациональную систематику группы. При этом мне пришлось опираться на общие положения Вант-Гоффа...» (Фишер, 1979, с.198).

**35) Аналогия Эмиля Фишера.** Эмиль Фишер разработал метод синтеза депсидов, которые являются компонентами дубильных веществ, применяемых при выделке кожи, по аналогии с методом синтеза пептидов. Данный метод основан на обратимом блокировании гидроксигрупп фенольного ядра с помощью различных масок, а также на активировании карбоксигрупп. В послесловии к книге Э.Фишера «Из моей жизни» (1988) А.Н.Шамин указывает: «Интересно, что в случае синтеза депсидов, так же как и в случае синтеза пептидов, был с успехом применен уже оправдавший себя прием: обратимое блокирование гидроксигрупп фенольного ядра с помощью различных масок, а также активирование карбоксигрупп. Это уже прямая методическая связь, свидетельство формирования целостной стратегии классических органикохимических исследований сложных природных соединений» (Э.Фишер, «Из моей жизни», 1988, с.237). Со слов А.Н.Шамина, «создание химии депсидов решило загадку веществ, давно выделяемых из различных лишайников, - эти вещества оказались депсидами» (там же, с.237).

**36) Аналогия Эмиля Фишера.** Эмиль Фишер выдвинул гипотезу о том, что для эффективного воздействия фермента на субстрат необходимо пространственное (стереохимическое) соответствие между ферментом и субстратом, которое можно сравнить с соответствием между ключом и замком, руководствуясь аналогией. Пастер обнаружил, что различные сахара, имеющие разную оптическую активность, то есть вращающие плоскость поляризации света вправо, влево или не вращающие вообще, перерабатываются микроорганизмами с разной скоростью. Вообще микроорганизмы предпочитают из двух оптически изомерных соединений одну форму. Современник Пастера Пьютти установил, что два оптически изомерных аспарагина, попадая в ротовую полость человека, по-разному воздействуют на вкусовые рецепторы: один вызывает сладкий вкус, а другой – безвкусен. Объясняя это явление, Пастер выдвинул гипотезу, что вещество нервов, отвечающих за восприятие вкуса, обладает оптической асимметрией. Эта гипотеза Пастера предполагала, что между веществом нервов и аспарагином должно существовать пространственное соответствие (стереохимическое родство). По аналогии с этой гипотезой Пастера Эмиль Фишер предположил, что не только вещество нервов, но и ферменты, перерабатывающие различные вещества, отличаются оптической асимметрией. Отсюда с неизбежностью следовал вывод о наличии пространственного соответствия между ферментом и субстратом. Э.Фишер в книге «Избранные труды» (1979) пишет: «Со времени знаменитых опытов Пастера известно... что два оптических антипода перерабатываются организмом с различной скоростью» (Фишер, 1979, с.137). «Э.Бухнер, - указывает Э.Фишер, - доказал на примере фумаровой и малеиновой кислот, на которые Пенициллиум глаукум и Аспергиллус действуют неодинаково, что те же самые различия существуют и в случае ненасыщенных соединений, различных по своей пространственной конфигурации. Пьютти при изучении аспарагинов, один из которых сладкий на вкус, а другой безвкусный, установил, что и высокоразвитые организмы различным образом действуют на пару оптических антиподов. Пастер объяснил это явление как результат оптической асимметрии вещества, из которого состоят нервы» (там же, с.137). «...Между конфигурацией ферментов и конфигурацией объекта, на который они воздействуют, - аргументирует Э.Фишер, - должно существовать сходство. Только в этом случае происходит реакция. Чтобы эта идея стала понятнее, я использовал сравнение с замком и ключом» (там же, с.152). В другом месте той же книги Э.Фишер достаточно ясно описывает исходные посылки, которые подтолкнули его к идее о пространственном соответствии между ферментом и субстратом: «...Тирфельдер и я высказали предположение, что действующие при брожении агенты дрожжевой клетки, которые, как и большинство сложных веществ, несомненно, асимметричны, могут влиять только на те сахара, с которыми они имеют родственную конфигурацию. И эта гипотеза имеет некоторое сходство с высказыванием Пастера, который объяснил различный вкус обоих оптических изомеров аспарагина, обнаруженного Пьютти, асимметрией веществ нервных клеток» (там же, с.215). «Благодаря исследованиям Пастера и других ученых давно

известно, что микроорганизмы вообще предпочитают из двух оптически изомерных соединений одну форму» (там же, с.240).

**37) Аналогия Виктора Гриньяра.** Виктор Гриньяр (1900) пришел к идее о возможности синтеза различных магний-органических соединений путем нагревания органических веществ вместе с магнием в присутствии безводного эфира по аналогии с исследованиями русского химика А.М.Зайцева, который осуществил синтез цинко-органических соединений путем нагревания органических веществ вместе с цинком в присутствии безводного эфира. В частности, А.М.Зайцев (1873) синтезировал диэтилкарбинол действием цинка на смесь иодистого этила и муравьино-этилового эфира. В книге «Люди русской науки», написанной под редакцией С.И.Вавилова (1948), указывается: «...Открытый А.М.Зайцевым синтез является универсальным. Синтезы А.М.Зайцева были блестящим развитием синтезов его учителя – А.М.Бутлерова. Они явились основой многих других синтезов. Так, их развитием является синтез оксикислот С.Н.Реформатского. Знаменитый синтез французских химиков Барбье-Гриньяра, открытый в 1900 г., также является не чем иным, как развитием или даже, вернее, модификацией синтеза А.М.Бутлерова-А.М.Зайцева: все схемы А.М.Зайцева остаются в полной неприкосновенности, и лишь цинк заменен магнием» («Люди русской науки», 1948). Другой исходной посылкой была аналогия с исследованиями Э.Франкланда и Д.Уонклина, которые также проводили синтез цинко-органических соединений. В энциклопедии «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) отмечается: «Гриньяр знал, что в XIX веке английские химики Эдвард Франкланд и Джеймс Уонклин получили цинко-органические соединения при нагревании органических соединений вместе с металлом в присутствии безводного эфира. Зная, что магний более легко вступает в реакции, чем цинк, Гриньяр предположил, что в реакцию подобного рода магний должен вступать более активно. Такое предположение было доказано, и он использовал этот метод для получения различных металлоорганических соединений, причем некоторые из них были получены впервые. В 1900 г. Гриньяр опубликовал результаты своих исследований, за которые ему в следующем году была присуждена докторская степень» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**38) Аналогия Владимира Ипатьева.** В.Н.Ипатьев (1904) сконструировал аппарат, предназначенный для осуществления химических реакций при высоком давлении и температуре, когда по аналогии перенес в химию свои познания в сфере технологии производства артиллерийских орудий. Марк Зальцберг в статье «Три жизни академика Ипатьева» (журнал «Химия и жизнь», 1992, № 10) пишет о периоде работы В.Н.Ипатьева над указанным аппаратом: «Вот когда Ипатьеву пригодились знания артиллерийского инженера. Этот аппарат оказался настолько сложным устройством, что фирма, которой Владимир Николаевич заказал его, так и не смогла сделать ни одного достаточно герметичного реактора. Тогда Ипатьев взялся за дело сам. Ему ли не было известно, как уплотняются пороховые газы в стволе артиллерийского орудия при выстреле? Там тоже сотни, а то и тысячи атмосфер, да и температура вполне подходящая. Реактор, как правильно следовало бы называть его, или «бомба», как называл артиллерист Ипатьев, был построен по чертежам ученого и под его непосредственным наблюдением» (М.Зальцберг, 1992).

**39) Аналогия Владимира Ипатьева.** В.Н.Ипатьев (1914) пришел к мысли о возможности каталитического гидрирования различных органических соединений, о возможности синтеза химических продуктов первостепенной важности при высоком давлении и температуре по аналогии со своими предыдущими экспериментами, в которых он изучал процессы разложения некоторых органических молекул при высоком давлении и температуре. В статье Ю.И.Соловьева «Почему академик В.Н.Ипатьев не стал Нобелевским лауреатом?», которая опубликована в «Вестнике Российской Академии наук» (1997 г., том 67, № 7) приводятся воспоминания Ипатьева о том, как он дагадался применить высокое давление. Ипатьев вспоминает: «Еще в 1914 г., когда я предпринял изучение разложения некоторых

органических молекул под влиянием высокой температуры и под давлением... мне пришла мысль провести реакции пирогазификации под давлением не только паров самого вещества, но при добавочном большом давлении введенного извне водорода... В последнем случае полученные продукты были более гидрогенизированы» (Ю.И.Соловьев, 1997). В той же статье Ю.И.Соловьева Ипатьев говорит о продуктивности использования высокого давления в химии: «Почти одновременно с появлением замечательных работ Сабатье и Сандерана над каталитическим гидрированием различных органических соединений я ввел в изучение происходящих при этом процессов фактор давления, который, как известно, играет громадную роль во многих химических процессах... Техника не замедлила оценить все преимущества моего способа и блестящие работы Габера, Патара, Баденской анилиновой и содовой фабрики Шретера и др. послужили основанием для создания синтеза химических продуктов первостепенной важности под давлением при высоких температурах...» (Ю.И.Соловьев, 1997). Если высокую температуру при разложении и синтезе веществ до Ипатьева применяли другие ученые, то высокое давление не применял никто.

**40) Аналогия Фрица Габера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1918 год Фриц Габер нашел условия эффективного промышленного синтеза аммиака по аналогии с исследованиями другого Нобелевского лауреата по химии Ф.Нернста, а также выдающегося русского химика В.Н.Ипатьева. Ф.Нернст стал изучать влияние высокого давления на протекание химических реакций после того, как ознакомился с работами В.Н.Ипатьева, который первым предложил исследовать процессы превращения веществ при высоких давлениях и температурах. Ф.Нернст подсказал Ф.Габеру идею использования высокого давления при синтезе аммиака. В книге «Биографии великих химиков» (1981) К.Хайниг пишет о Габере: «В самом начале нашего века, когда синтез аммиака из элементов еще не представлялся возможным, Габер исследовал состояние равновесия аммиака. Основываясь на полученных результатах и проведенных начиная с 1896 г. анализах термодинамических условий данной реакции, Габер пришел к выводу, что синтез аммиака возможен. Проводя вначале эту реакцию при нормальном давлении и различных температурах, ученый получал выход аммиака, слишком низкий для внедрения этого способа в промышленное производство. К этому времени уже были известны результаты работ В.Нернста, который синтезировал аммиак при повышенном давлении. Результаты этих исследований послужили Нернсту экспериментальным основанием для его теоретических выводов о характере термодинамических зависимостей. Позднее Нернст провел дальнейшие опыты по синтезу аммиака при высоких давлениях и повышенных температурах. Однако результаты работ Нернста не были использованы в химической промышленности. Опираясь на полученные Нернстом теоретические и экспериментальные результаты исследований синтеза аммиака, Габер изучил в лаборатории изменение состояния равновесия аммиака в зависимости от температуры и рассчитал количественные характеристики этого состояния для различных условий. Многообещающие технологически и эффективные экономически, эти работы открыли Габеру путь к проведению циклических процессов синтеза аммиака» (Хайниг, 1981, с.349). Во втором томе книги «Пути развития химии» (1984) В.Штрубе подчеркивает: «Габер по совету Вальтера Нернста решил проверить возможность каталитического синтеза аммиака при высоком давлении. В качестве катализатора он использовал платиновую фольгу и высокодисперсное железо и марганец» (Штрубе, 1984, с.198). В.И.Кузнецов и З.А.Зайцева в книге «Химия и химическая технология. Эволюция взаимосвязей» (1984) отмечают: «Наряду с высокими температурами В.Н.Ипатьев впервые применил в гетерогенном катализе высокие давления. Введение в каталитический синтез этого нового фактора имело большое значение» (Кузнецов, Зайцева, 1984, с.72). «Напомним, - говорят указанные авторы, - что Н.Д.Зелинский и Р.Вильштеттер заслуги Нернста и Габера в разработке способа синтеза аммиака под высоким давлением ставили в зависимость от первых достижений Ипатьева в этой области» (там же, с.72).

**41) Аналогия Фридриха Бергиуса.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1931 год Ф.Бергиус (1919) пришел к идее о получении легких углеводов из тяжелых, а также к идее о сжижении угля в присутствии высокого давления по аналогии с исследованиями В.Ипатьева. Выдающийся русский химик В.Ипатьев в 1914 году предложил проводить реакцию присоединения водорода к органическим соединениям под высоким давлением. В «Вестнике Российской Академии наук» (1997 г., том 67, № 7) опубликована статья Ю.И.Соловьева «Почему академик В.Н.Ипатьев не стал Нобелевским лауреатом?». В этой статье цитируются слова Ипатьева: «Доктору Бергиусу, несомненно, были известны мои исследования над пирогенетическими реакциями с органическими веществами... и только в 1919 г. он берет патент на получение легких углеводов из тяжелых, а в августе того же года на сжижение угля. Аналогия между моим методом и методом Бергиуса, послужившим предметом первого его патента, получается довольно полная... Успешное применение так называемого метода Бергиуса в германской промышленности укрепляет уверенность в том, что технические трудности мало-по-малу преодолеваются, и можно надеяться, что метод высоких давлений, введенный в науку по моему почину, получит исключительное значение в промышленности жидкого горючего, подобно тому, как он завоевал себе полное право гражданства в синтезах аммиака, мочевины, метанола и других важнейших химических продуктов» (Ю.И.Соловьев, 1997). Обсуждая работы Ф.Бергиуса и К.Боша, которые пытались превратить каменный уголь в жидкое топливо под высоким давлением, но не добились промышленной реализации этого превращения, Ю.И.Соловьев считает, что у В.Ипатьева было больше оснований для получения Нобелевской премии, чем у перечисленных ученых. «В 1925 г., - пишет Ю.И.Соловьев, - Бергиус продал БАСФ («Баденская анилиновая и содовая фабрика» - с 1925 г. концерн «И.Г.Фарбениндустри») патентное право на использование разработанного им способа превращения каменного угля в жидкое топливо в результате взаимодействия газообразного водорода и угля при повышенных температурах и давлении. Как президент «И.Г.Фарбениндустри» К.Бош предложил своим сотрудникам «доказать техническую осуществимость превращений каменного угля в жидкое топливо». Этот проект, однако, никогда не был осуществлен в промышленности. В связи с этим напрашивается вопрос. Если метод высокого давления ввел в химию В.Н.Ипатьев, что совершенно очевидно, а метод «бергинизации» не получил широкого применения в химической промышленности, то за какие заслуги немецкие химики-технологи получили Нобелевскую премию?» (Ю.И.Соловьев, 1997). Аналогию между методом В.Ипатьева и методом Ф.Бергиуса замечали многие специалисты. Ю.И.Соловьев подчеркивает: «Клинге А. – французский инженер, специалист в области гидрирования органических соединений, директор Парижской муниципальной химической лаборатории. В 1923 г. в журнале «Chemie et Industrie» писал, что «Аналогия между методом Ипатьева В. и методом, послужившим предметом патента Бергиуса, неоспорима» (Ю.И.Соловьев, 1997). «Таким образом, - резюмирует известный историк химии, - все специалисты в этой области единодушно признавали, что гидрогенизация угля по методу Бергиуса основана на работах В.Н.Ипатьева, что впоследствии признал и сам Ф.Бергиус. Почему же столь выдающиеся достижения русского химика, широко известные химической общественности тех лет, не стали поводом для присуждения В.Н.Ипатьеву Нобелевской премии?» (Ю.И.Соловьев, 1997).

**42) Аналогия Нильса Бора.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1922 год Нильс Бор высказал идею о том, что причиной образования химических связей между атомами являются валентные электроны, расположенные во внешней оболочке атома, по аналогии с исследованиями другого Нобелевского лауреата И.Штарка. К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) указывает: «Штарк предположил, что на внешней оболочке атома имеется небольшое число электронов, за счет которых в основном и происходит образование химической связи между двумя атомами. Эти «поверхностные» электроны, которым присуща особая химическая функция, Штарк назвал «валентными электронами». «Валетное число» химического элемента обозначает число валентных электронов, расположенных на внешней

оболочке атома. Понятие «валентные электроны» было принято при построении атомной модели Резерфорда-Бора. Эта модель привела к различным способам объяснения валентных сил и образования химических связей между атомами» (Хайниг, 1981, с.309).

**43) Аналогия Вальтера Косселя.** Вальтер Коссель (1916) пришел к выводу об электростатической природе такого вида химической связи, как ионная, которая позволяет соединяться элементам, различным по химической природе, по аналогии с электростатической природой взаимодействия электрона с атомным ядром, что установил еще Резерфорд. К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) констатирует: «На основании работ Резерфорда-Бора, особенно тех, где Резерфорд показывает существование электростатического взаимодействия в атоме, Коссель сделал следующий вывод: «У меня нет сомнений, что и междуатомный мир химической связи следует еще раз основательно проверить, действительно ли в нем есть нечто, кроме электростатики» (Хайниг, 1981, с.310).

**44) Аналогия Гильберта Льюиса.** Гильберт Льюис (1916) выдвинул гипотезу о том, что причиной образования гомеополарных химических связей является спаривание электронов, принадлежащих двум атомам одной и той же природы, по аналогии с исследованиями Вильяма Рамзая и Иоганна Штарка. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) пишет о Рамзае: «Вкратце высказывания Рамзая могут быть суммированы следующим образом... в одних случаях электроны должны вращаться по часовой стрелке, в то время как другие могут вращаться в противоположном направлении. При этом можно принять, что атомы, в которых электроны вращаются по часовой стрелке, с химической точки зрения, являются электроотрицательными и наоборот. Рамзай, казалось, не без успеха развивал свою идею общего или поделенного электрона...» (Соловьев, 1971, с.336). Нужно отметить, однако, что аналогия с идеями и представлениями И.Штарка была доминирующей для Г.Льюиса. Ю.И.Соловьев говорит о Штарке: «В 1913 г. И.Штарк выдвинул общий принцип действия химических сил: «На поверхности химических атомов между протяженными, положительно заряженными сферами или на них располагаются наподобие точек отрицательные электроны валентности, силы, связывающие различные химические атомы один с другим, имеют чисто электрическую природу; связь между ними устанавливается таким путем, что электрические силовые линии одного электрона валентности при приближении второго атома частично отделяются от положительных сфер своего собственного атома и прикрепляются к положительным сферам чужого атома, частью же остаются связанными со своим собственным атомом» (там же, с.340). Заимствуя у И.Штарка идею о спаривании электронов за счет взаимодействия их электрических силовых линий, Г.Льюис тогда еще не знал всех деталей этого механизма спаривания. Ю.И.Соловьев отмечает: «Когда возникло представление о ковалентной связи, никто не знал, почему и как два отрицательных электрона соединяются в одну пару, образуя прочную связь между двумя атомами» (там же, с.341). Г.Льюис также не знал, что спаривание электронов следует объяснять различием их спинов (направлений вращения вокруг своей оси), поскольку Гоудсмит и Уленбек открыли спин электрона только в 1924 году. Тем не менее, он постоянно размышлял над этой проблемой и в 1923 году выступил с докладом «Валентность и электрон», в котором предположил, что электроны соединяются в пару за счет магнитных сил. В книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) Ю.И.Соловьев цитирует слова Г.Льюиса из этого доклада: «Каждый атом или молекула с нечетным числом электронов имеет магнитный момент, в то время как большинство с четным числом не имеют такого момента. Мы зашли бы слишком далеко, если бы предположили, что магнитная сила соединяет две электронные орбиты, чтобы образовать электронную пару» (Соловьев, 1971, с.342).

**45) Аналогия Невилла Винсента Сиджвика.** Английский химик Невилл Сиджвик (1923) объяснил стабильность комплексных соединений по аналогии с тем, как другие ученые

объяснили стабильность инертных газов. М.Левицкий в статье «Химия и мода» (журнал «Химия и жизнь», 2000, № 11-12) пишет: «Приведу пример того, как менялись «представления о прекрасном» в координационной химии. Для развития этой области науки очень плодотворной оказалась идея профессора Оксфордского университета Н.Сиджвика, который перенес представления, объясняющие стабильность инертных газов, на комплексные соединения. Суть идеи в том, что атом металла старается окружить себя лигандами таким образом, чтобы общее количество электронов вокруг металла стало таким же, как у инертного газа. Тогда комплекс получается более прочным. В соответствии с правилом надо сложить собственные электроны металла и те, которые подают на него лиганды, чтобы получить так называемый эффективный атомный номер (ЭАН)» (М.Левицкий, 2000). «В 1952 году химия комплексных соединений, - продолжает М.Левицкий, - пополнилась новой главой: были открыты комплексы переходных металлов. Оказалось, что и для них применимо правило Сиджвика. При этом в правило ввели одно упрощение: электроны металла, лежащие на внутренних уровнях, решили оставлять без внимания и считать только внешние электроны, участвующие в образовании комплекса» (М.Левицкий, 2000). Кроме того, Н.Сиджвик перенес в область комплексных соединений представления Г.Льюиса о ковалентной связи атомов. С.И.Левченков в книге «Краткий очерк истории химии» (2006) указывает: «Ковалентность определяется числом электронных пар, которыми атом может владеть совместно с другими атомами. В начале 1920-х гг. английский химик Невилл Винсент Сиджвик (1873-1955) распространил понятие ковалентности на неорганические и координационные соединения, постулировав существование похожего типа связи, в котором оба электрона связывающей электронной пары изначально принадлежали одному из соединяющихся атомов...» (С.И.Левченков, 2006, с.106).

**46) Аналогия Фрица Лондона.** Фриц Лондон (1927) построил общую теорию химической валентности, в которой объяснил гомеоплярную связь между электронами, принадлежащими атомам одинакой природы, взаимодействием разных спинов этих электронов, когда по аналогии перенес в теорию химической связи гипотезу Гоудсмита и Уленбека о существовании спина электрона, который может быть различным у разных электронов. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) констатирует: «В статье «К квантовой теории гомеоплярных валентных чисел» Ф.Лондон развил общую теорию валентности, используя молекулу водорода как прототип для других простых соединений. В начале статьи Лондон отмечал, что само существование валентности зависит от «обменной энергии» и спина электрона. В 1926-1928 гг., т.е. одновременно с опубликованием В.Гайтлером и Ф.Лондоном того, что стало известно как метод «валентной связи», Ф.Хундом был развит другой путь подхода к молекулярным проблемам, который был назван позднее методом «молекулярных орбит» (Соловьев, 1971, с.343).

**47) Аналогия Лайнуса Полинга.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1954 год Л.Полинг (1928) разработал теорию химической связи, в основу которой положил концепцию резонанса, по аналогии с исследованиями Гайтлера, Лондона, Гейзенберга и других ученых, которые дали правильную трактовку механизма образования молекулы водорода и гелия. П.М.Зоркий в статье «Лайнус Полинг – величайший химик 20 столетия» (сайт химического факультета МГУ) пишет: «Стало в общих чертах понятно, почему и как образуются химические связи. основополагающими в этом отношении стали работы Гайтлера и Лондона, которые интерпретировали образование молекулы водорода, а также исследования Берна и Слейтера; Полинг распространил эти представления на гораздо более сложные системы, положив в основу своей теории концепцию резонанса» (Интернет). В книге «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) констатируется: «В 1928 г. Полинг выдвинул свою теорию резонанса, или гибридизации химических связей в ароматических соединениях, которая основывалась на почерпнутой из квантовой механики концепции электронных орбиталей. В

более старой модели бензола, которая время от времени еще использовалась для удобства, три из шести химических связей между смежными атомами углерода были одинарными связями, а остальные три – двойными. Одинарные и двойные связи чередовались в бензольном кольце» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992). К.Хайниг в книге «Биографии великих химиков» (1981) указывает: «В 30-е годы Полинг объяснил молекулярное строение веществ на основании квантовохимических представлений, опираясь на работу Гейзенберга по расчету атома гелия, где немецкий физик ввел понятие «квантовомеханического резонанса». Вместо классической структурной теории Полинг предложил разработанную им «теорию резонанса». Термин «резонанс» Полинг использовал как метафору. Теория резонанса исходит из того, что не каждую молекулу можно описать при помощи лишь одной электронной структуры и что в таких случаях «различные возможные электронные структуры находятся друг с другом в состоянии резонанса». Поэтому химическая связь в подобных соединениях гибридизована» (Хайниг, 1981, с.316). Об этом же пишет сам Л.Полинг в статье «Мы способны решить наши проблемы» (журнал «Химия и жизнь», 1995, № 7): «Только в 1931 году мне удалось упростить квантово-механическое уравнение, что позволило достичь ясности. Идея резонанса и комбинаций структур, которую я так решительно ввел в химию, основывалась на простых примерах. В сущности, это была идея Гейзенберга, хотя он приложил ее только к спектру атома гелия» (Л.Полинг, 1995). Л.М.Притыкин в статье «Биография бензола» (журнал «Химия и жизнь», 1974, № 3) указывает: «В скором времени метод Гайтлера и Лондона был распространен на более сложные молекулы, а с 1931 года их заокеанский коллега Л.Полинг начал использовать методы квантовой механики для объяснения химических фактов. Причем, одной из первых молекул, подвергшихся квантово-механическому исследованию, вновь оказался бензол» (Л.М.Притыкин, 1974).

**48) Аналогия Е.Гута, Х.Марка и В.Куна.** Е.Гут и Х.Марк (1934), а также В.Кун (1936) построили теорию эластичности каучука по аналогии с теорией идеального газа. Основанием для проведения данной аналогии послужил факт, обнаруженный и проанализированный знаменитым физиком В.Джоулем: каучук при растяжении нагревается, то есть ведет себя подобно сжимаемому газу, но с противоположным знаком деформации. Г.М.Бартенев и С.Я.Френкель в книге «Физика полимеров» (1990) повествуют: «Именно Джоуль тщательно исследовал замеченный еще в 1805 г. Гафом фундаментальный факт, что каучук при растяжении нагревается, т.е. ведет себя подобно сжимаемому газу, но с переменной знака деформации. При желании можно считать, что с этих опытов началась теория каучукоподобной эластичности...» (Бартенев, Френкель, 1990, с.10). Говоря о сходстве эластичного каучукоподобного клубка с идеальным газом, те же авторы подчеркивают: «Статистический клубок имеет прямую аналогию с газом, причем роль давления, удерживающего молекулы газа в определенной емкости, играют ковалентные связи между звеньями макромолекулы» (там же, с.21). Ряд высказываний об аналогии Е.Гута, Х.Марка и В.Куна можно найти в статье В.М.Волькенштейна «Проблемы теоретической физики полимеров» (журнал «Успехи физических наук», 1959, том LXVII, выпуск 1). В данной статье М.В.Волькенштейн указывает: «...Сеточная теория каучука построена без учета внутри- и межмолекулярных взаимодействий. В этом смысле она подобна теории идеального газа. Бестелесные цепи, из которых построена сетка, предполагаются состоящими из свободно-сочлененных звеньев. Цепи подчиняются гауссовой статистике так же, как и свободные макромолекулы в идеальных растворителях» (Волькенштейн, 1959, с.145). «Аналогия в свойствах каучука и идеального газа, - продолжает М.В.Волькенштейн, - заставляет думать, что каучук состоит из большого числа элементов, изменяющих свое относительное расположение при растяжении. Физическое содержание указанной аналогии только к этому и сводится. (...) Именно на этой основе была построена молекулярная статистическая теория упругости каучука в работах Гута и Марка [52] и Куна [53], позволившая получить приближенно правильное описание зависимости напряжения от деформации и давшая правильный порядок величины модуля упругости» (там же, с.143).



«Лет 40 тому назад ко мне пришли два студента – Семенов и Лукирский: хотим быть физиками. Из Лукирского действительно получился физик. А беспокойный нрав Семенова бросал его то в физику, то в химию, то в Ленинград, то в Москву, пока он не застрял на водоразделе химической физики. И стал расти водораздел и вширь, и ввысь, обрастать дворцами и церквями, и загорелись в них огни и взрывы, зарезвились на просторе радикалы!»

А.Ф.Иоффе об исследованиях Николая Семенова

**49) Аналогия Николая Семенова.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1956 год Н.Н.Семенов (1928) пришел к идее о существовании разветвленных цепных химических реакций, обнаружив химические реакции, скорость которых во много раз превышала скорость неразветвленных цепных реакций, изучавшихся в свое время Боденштейном (1913). Боденштейн открыл цепные реакции, изучая процесс взаимодействия водорода с хлором, при котором образуются тысячи молекул продукта хлористого водорода. Из этого открытия следовало, что после того, как возбужденная светом молекула хлора прореагировала с молекулой водорода, возникла длинная цепь превращений, идущих уже без участия света. Отсюда впервые и возник термин «цепная реакция». Цепные реакции Боденштейна идут без ускорения. Когда же Семенов изучал реакцию окисления фосфора, он обнаружил, что эта реакция идет с ускорением, она быстро нарастает и мощно развивается от ничтожной причины. Чтобы объяснить это ускорение, Семенов ввел понятие разветвленной реакции. Он сделал это по аналогии с разветвленными колониями безудержно размножающихся бактерий. Об этой аналогии Н.Н.Семенов сообщает в четвертом томе книги «Избранные труды» (2006): «...Греки куда более откровенно рассказывали о ходе своих мыслей, чем современные ученые. Может быть, это следует изменить, вот я и пробую это сделать. Меня при этом особенно интересует, что же в свете диалектики представляет собой смутное понятие интуиции. Трудно сейчас точно вспомнить, какие мысли бродили у меня в голове перед тем, как вспыхнула эта догадка. По-видимому, я подумал: свойства свободных атомов и радикалов в цепях Боденштейна аналогичны действию бактерий, которые как бы съедают исходные молекулы, превращая их в продукты реакции. И вдруг мысль: а ведь бактерии могут не только есть, но и размножаться. Стоп!!! А может быть, и свободные атомы и радикалы тоже способны к размножению? Все! Вот и разгадка!» (Семенов, 2006, с.343). Рассказ Н.Н.Семенова об этой аналогии можно также найти в книге В.Карцева «Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований» (1984). Независимо от Семенова идею разветвленных цепных реакций сформулировал и обосновал Сирил Хиншелвуд, который в 1956 г. был удостоен Нобелевской премии вместе с Н.Н.Семеновым.

**50) Аналогия Ганса Гельмана.** Немецкий физико-химик Ганс Гельман (1930-е годы) разработал полуэмпирический метод решения различных квантово-химических задач, когда заметил аналогию между интегралами, возникающими при решении уравнения Шредингера для сложных атомов и молекул, и интегралами, выражающими некоторые тепловые характеристики химической реакции и спектроскопические характеристики атомов и молекул. М.А.Ковнер в статье «Ганс Гельман и рождение квантовой химии» (журнал «Химия и жизнь», 2000, № 5) повествует: «Одна из главных трудностей в решении квантово-механических задач заключалась в том, что решения уравнения Шредингера выражались через сложные интегралы, зависящие от многих переменных. Вычислять такие интегралы в 30-е годы не умели – ведь в то время единственными средствами для этого были логарифмические линейки и, в лучшем случае, арифмометры. По ходу приближенных вычислений накапливались погрешности, превышающие само значение интеграла, и вся

работа теряла смысл. Гельман предложил очень остроумный выход из этого тупика. Некоторые тепловые характеристики реакции, которые могут быть измерены, рассуждал он, выражаются через те же интегралы; кроме того, эти же интегралы встречаются в формулах, задающих спектроскопические характеристики атомов и молекул. Значит, для искомым интегралов можно составить уравнения, из которых их удастся найти, образно говоря, интегралы начали вычислять с помощью калориметров и спектрометров; полученные их значения использовали затем при расчете других, более сложных молекул. Таким образом, Гельман разработал полуэмпирический метод решения квантово-механических задач (в котором какие-то необходимые данные берутся из опыта), на многие годы ставший основным» (М.А.Ковнер, 2000).

**51) Аналогия Давида Франк-Каменецкого.** Д.А.Франк-Каменецкий (1941) нашел математическую формулу, правильно описывающую реакцию горения смеси паров углеводородного топлива (бензина), по аналогии с уравнением А.Лотки, описывающим различные колебательные реакции, в которых имеет место периодическое изменение концентрации веществ. В.Полищук в статье «На общих основаниях» (журнал «Новый мир», 1984, № 4) указывает: «Работая над теорией сложных процессов, составляющих в сумме нехитрую, всем известную реакцию горения, он наблюдал, как смесь паров углеводородного топлива (в частности, бензина) с кислородом воспламеняется не сразу, а после некоторого периода разгона, именуемого среди специалистов индукционным периодом. И замечал, что в некоторых случаях даже после воспламенения горение становится непрерывным не сразу. Смесь вспыхивала, потом угасала, потом вспыхивала снова – и так несколько раз, с довольно регулярными промежутками между вспышками. Можно было, конечно, отнести это на счет того, что вещество сначала лишь прогревается (химик, возможно, так бы и заключил), но физик Франк-Каменецкий понял, что дело обстоит иначе. Зная уравнение Лотки, владея теорией разветвленных реакций, только что разработанной своим же учителем Н.Н.Семеновым, он заключил, что наблюдается новый, ранее неизвестный режим горения – нелинейный, периодический, колебательный. В 1941 г. Франк-Каменецкий написал статью, в которой объявил, что необходимо искать колебательные реакции и в кругу обычных, происходящих в жидкой среде превращений, что они обязаны существовать...» (В.Полищук, 1984). Об этой же аналогии Франк-Каменецкого пишет В.А.Вавилин в статье «Автоколебания в жидкофазных химических системах» (журнал «Природа», 2000, № 5): «Интересно, что первую феноменологическую модель гомогенной химической реакции с затухающими колебаниями концентраций реагентов еще в 1910 г. предложил А.Лотка. Модифицировав ее, он получил незатухающие колебания. В настоящее время это – известная модель Лотки-Вольтерра, которая описывает периодические изменения численности «жертвы» и «хищника» в экологических системах. В 30-40-е годы автоколебания в газофазных химических реакциях получили теоретическое и экспериментальное подтверждение. Тогда Д.А.Франк-Каменецкий показал, что модель Лотки можно применить для описания периодических процессов окисления высших углеводов» (В.А.Вавилин, 2000). Таким образом, Д.А.Франк-Каменецкий пришел к идее об использовании феноменологической модели незатухающих колебаний для описания периодических процессов окисления высших углеводов по аналогии с использованием этой модели такими учеными, как А.Лотка (1910) и В.Вольтерра, для описания периодических изменений численности «жертвы» и «хищника» в экологических системах.



«Нет сомнения, что Сиборг был одной из доминирующих фигур XX столетия в области химии, и, вероятно, единственным, кого можно считать наиболее влиятельным в сфере обнаружения новых элементов. Не так уж много гигантов в нашей области: он был одним из них».

Эд Вассерман о Глене Сиборге

**52) Аналогия Глена Сиборга.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1951 год Глен Сиборг (1942) выдвинул актиноидную концепцию, согласно которой в периодической системе Менделеева должно существовать семейство химических элементов, которое начинается с элемента тория, следующим образом. Сиборг руководствовался аналогией с существованием семейства лантаноидов, которое начинается с элемента церия. Он заметил, во-первых, что в таблице химических элементов Менделеева второй период аналогичен третьему, а четвертый период – пятому, в связи с чем возникла догадка о том, что седьмой период (период актиноидов) должен быть подобен шестому (группе лантаноидов). Во-вторых, бросалось в глаза сходство элементов церия и тория. До Сиборга такую же идею высказывал А.Вернер (1905). В.Чолаков в книге «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) указывает: «В 1942 г. Сиборг развил далее идею Макмиллана о том, что трансураниевые элементы образуют группу, подобную так называемым редкоземельным элементам из группы лантана. Новое семейство элементов оказалось в группе актиния. Сходство между актиноидами и лантаноидами явилось еще одним блестящим подтверждением периодической таблицы химических элементов» (Чолаков, 1986, с.74).

**53) Аналогия Израиля Евсеевича Сальникова.** И.Е.Сальников (1947) разработал математический аппарат, описывающий колебательные химические реакции, по аналогии с математическим аппаратом, который А.А.Андронов развил в теории нелинейных колебаний и впервые применил для описания автоколебаний в ламповом генераторе. Б.В.Вольтер в статье «Химическая бесконечность и предельные циклы» (журнал «Химия и жизнь», 1995, № 4) пишет: «Помню 1959 год. Обратился я тогда к известному химику-теоретику Д.А.Франк-Каменецкому за консультацией в связи с обнаруженными мною химическими колебаниями в процессе полимеризации этилена. Давид Альбертович посоветовал познакомиться с диссертацией и публикациями И.Е.Сальникова. Оттуда я узнал о математическом подходе, который позволял взглянуть на химический «грешный» мир как бы из безграничной удаленности – отсюда, из бесконечности, можно было увидеть в нем возможную периодичность, некую круговую заколдованность. Такой подход Сальников взял из теории колебаний, а теория колебаний, развиваемая школой академика А.А.Андропова, в свою очередь позаимствовала его у знаменитого физика и математика Анри Пуанкаре» (Б.В.Вольтер, 1995). Об этой же аналогии И.Е.Сальникова Б.В.Вольтер пишет в статье «Легенда и быль о химических колебаниях» (журнал «Знание-сила», 1988, № 4): «В 1947 году в том же Институте химической физики была представлена к защите диссертация на тему «К теории периодического протекания гомогенных химических реакций». Написанная И.Е.Сальниковым под научным руководством Д.А.Франк-Каменецкого, эта диссертация была серьезным вкладом в науку о химических процессах. В ней собрана обширная информация более чем вековой истории изучения химических колебаний, получены первые результаты по их теоретическому исследованию методами молодой в то время теории нелинейных колебаний, развиваемой школой академика А.А.Андропова» (Б.В.Вольтер, 1988). Интересно, что мысль о переносе указанного математического аппарата из одной области в другую была подсказана Сальникову самим А.А.Андроновым. Это аналогично тому, как Джон фон Нейман подсказал Клоду Шеннону перенести в теорию информации математический аппарат теории энтропии (термодинамики). А.А.Печенкин в статье «Мировоззренческое значение

колебательных химических реакций» («Вестник Московского университета», серия 7, № 6, 2005) указывает: «Оба, А.А.Андронов и Г.С.Горелик, были заинтересованы в распространении теории колебаний на химические явления, т.е. в исследовании химических колебаний. Этим и объясняется появление такого аспиранта, как И.Е.Сальников, получившего подготовку в области теории колебаний и ориентированного на химические проблемы» (А.А.Печенкин, 2005).

**54) Аналогия Анатолия Жаботинского.** А.М.Жаботинский вслед за И.Е.Сальниковым построил математическую теорию колебательной реакции Белоусова по аналогии с математической теорией А.А.Андропова, описывающей работу лампового генератора. Как известно, сам А.А.Андронов создал свою теорию в результате переноса в область радиотехники теории предельных циклов А.Пуанкаре. А.А.Печенкин в статье «Мировоззренческое значение колебательных химических реакций» («Вестник Московского университета», серия 7, № 6, 2005) пишет: «В своей докторской диссертации и в книге «Концентрационные автоколебания» А.М.Жаботинский реализовал концепцию автоколебаний, развитую А.А.Андроновым. Автоколебаниями А.А.Андронов называл незатухающие колебания в диссипативной (работающей с трением) системе, поддерживаемые за счет неперiodического источника энергии. Это явление наблюдается в простейшем ламповом генераторе, часах и во многих других технических устройствах. (...) Следуя А.А.Андронову, А.М.Жаботинский с соавторами показал, что в реакции Белоусова реализуются автоколебания, определил тип этих автоколебаний и проследил их эволюцию. Это значит, что А.М.Жаботинский перевел вопрос о механизме реакции Белоусова в плоскость физико-математической теории колебаний. Он довел изучение механизма реакции до физико-математического уровня» (А.А.Печенкин, 2005).

**55) Аналогия Дерек Бартон.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1969 год Дерек Бартон (1948, 1950) сформулировал идею о способности многих химических соединений типа стероидов принимать различные пространственные формы (конформации), которые непосредственно влияют на их реакционную способность, по аналогии с исследованиями другого Нобелевского лауреата Одда Хасселя, который экспериментально открыл две пространственные формы молекулы циклогексана. Другими словами, Д.Бартон перенес представления О.Хасселя с химии циклогексана на химию стероидов. Н.И.Быстрова в статье «Дерек Гарольд Ричард Бартон» (электронная библиотека учебных материалов по химии) пишет: «Будучи химиком-органиком, Бартон в то же время интересовался химией природных соединений, особенно стероидов, и проблемы, стоящие перед химиками в этой области, были ему хорошо известны. Такая двусторонняя эрудиция позволила ему оценить случайно попавшуюся на глаза работу О.Хасселя, которому удалось экспериментально наблюдать две формы монозамещенного циклогексана (экваториальную и аксиальную), между которыми быстро устанавливалось равновесие. Бартон рассматривал, главным образом, влияние конформации на реакционную способность и положение химического равновесия. Его первая работа в этом направлении вышла в 1948 г. и была посвящена межмолекулярным внесвязным взаимодействиям в этане, циклогексане и декагидронафталине» (Н.И.Быстрова, Интернет). В статье «Хассель Одд» (сайт «Кругосвет») Кирилл Зеленин пишет о Хасселе: «В 1930 г. он заинтересовался молекулой циклогексана. Это соединение представляет цикл, состоящий из 6 атомов углерода, к которым присоединены 12 атомов водорода. Шестичленная циклическая структура типична для структур многих важных природных молекул, включая стероиды и большинство углеводов. При рентгеноструктурном анализе Хассель подтвердил данные ранних исследований, указывавших, что шестичленное углеродное кольцо может принимать пространственные формы, обычно называемые конфигурациями «ванны» и «кресла» (молекулы по форме напоминают ванну и кресло)» (К.Зеленин, сайт «Кругосвет»). О.Хассель обнаружил, что молекулы циклогексана переходят из формы «ванны» в состояние «кресла» и обратно со скоростью до миллиона раз в секунду. Такие динамические пространственные

формы стали называть конформациями, а вопросы пространственного строения молекул и связанные с этим свойства стали называть конформационным анализом. Именно по аналогии с этими результатами О.Хасселя Д.Бартон разработал конформационный анализ для стероидных веществ. Но у О.Хасселя и Д.Бартона были предшественники. Ю.И.Соловьев в книге «Эволюция основных теоретических проблем химии» (1971) указывает: «В начале 50-х годов 20 века возник конформационный анализ – важнейшее направление современной стереохимии. Его корни уходят в последние два десятилетия 19 века. Укажем на представления Вислиценуса, Бишофа и других химиков того времени о заторможенном вращении вокруг простой связи и о возникающей вследствие этого «динамической изомерии». Еще в 90-х годах 19 века Заксе рассматривал возможность существования циклогексана в формах «ванна» и «кресло» и допускал существование двух «динамических» изомеров монозамещенных циклогексанов в форме кресла. Некоторые авторы полагают возможным поэтому Заксе «основателем» конформационного анализа» (Соловьев, 1971, с.224). «В 1950 г., - аргументирует Ю.И.Соловьев, - появилась статья Д.Бартона, давшая «мощный толчок» развитию работ в области конформационного анализа. Этой работе Бартона предшествовал цикл электронографических исследований Хасселя в Норвегии (1938-1943 гг.), показавшего, что для монозамещенных циклогексанов возможны две отличающиеся друг от друга конформации формы «кресло» (там же, с.224). Точку зрения Ю.И.Соловьева дополняет описание М.Ногради, который в книге «Стереоселективный синтез» (1989) подчеркивает: «...После второй мировой войны стероидные гормоны, производимые в промышленности в основном полусинтетическим путем, приобрели колоссальное экономическое значение. Это стимулировало интерес многих ведущих химиков-органиков к поиску практических методов получения нужного определенного диастереомера. Логическим развитием этих работ стало предложенное Бартоном в 1950 г. рациональное объяснение большого числа необъяснимых примеров диастереоселективности в области стероидов и терпенов. При этом Бартон исходил из работ Хасселя и Питцера, которые выяснили, что устойчивой конформацией производных циклогексана является форма кресла, а заместители занимают предпочтительно экваториальное положение. Концепции Бартона стали известны под названием «конформационный анализ», хотя в настоящее время этот термин используется в несколько ином смысле» (Ногради, 1989, с.9).

**56) Аналогия Пола Джона Флори.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1974 год Пол Флори (1949) построил первый вариант теории растворов полимеров (макромолекул) по аналогии с теорией кристаллического состояния вещества (теорией кристаллической решетки). Независимо от П.Флори такую же аналогию провел П.Хаггинс. А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов в книге «Статистическая физика макромолекул» (1989) указывают: «Исторически первая теория молекулярных растворов и расплавов была построена в 40-х годах П.Флори и П.Хаггинсом в терминах решеточной модели. Впоследствии было осознано, что в основе теории Флори-Хаггинса лежит приближение самосогласованного поля» (Гросберг, Хохлов, 1989, с.159). Об этом же А.Ю.Гросберг и А.Р.Хохлов говорят в другом месте своей книги: «Особенно широко решеточные модели использовались на начальном этапе развития теории объемных взаимодействий в полимерных системах, в частности, в работах П.Флори. И сейчас многие теоретические и экспериментальные результаты формулируются в терминах решеточных моделей типа Флори. В этих моделях полимерная цепь представляется в виде траектории случайного блуждания по ребрам какой-либо пространственной решетки» (там же, с.89). Кроме того, при разработке теории растворов полимеров П.Флори пользовался аналогией с теорией идеальных растворов Вант-Гоффа, которая, как мы знаем, была создана по аналогии с теорией идеальных газов. П.Флори обнаружил, что температурная точка ( $\theta$ -температура), при которой уменьшается взаимодействие между полимерными клубками в растворе, аналогична температурной точке, при которой уменьшается взаимодействие между молекулами растворенного вещества в идеальном растворе Вант-Гоффа. Г.А.Булыка, Е.В.Лисовская и Г.А.Яхонтова в книге «Великие ученые XX века» (2001) пишут: «Продолжая

изучать свойства макромолекул, сильно отличающиеся от свойств их низкомолекулярных «сестер», Флори приходит к выводу, что вероятностно-статистический метод дает хорошие результаты только в случае обычных молекул. Для полимеров нужно искать новые подходы. И Флори находит один из таких подходов! Он обнаруживает, что при понижении температуры раствора полимера до некоего определенного значения (ученый назвал его тэа-точкой), конкретного для каждого типа высокомолекулярного вещества, раствор приобретает свойства «идеального». «Идеальный раствор» был введен по аналогии с «идеальным газом» Роберта Бойля» (Булыка, Лисовская, Яхонтова, 2001, с.363). Об аналогии между растворами полимеров и идеальными растворами (идеальными газами), которая всегда находилась в поле зрения П.Флори, пишут многие ученые. Так, например, Г.М.Бартенев и С.Я.Френкель в книге «Физика полимеров» (1990) отмечают: «Особенно хорошо применима аналогия между клубком и газом для макромолекул в разбавленном растворе. По аналогии с температурой Бойля для газов, при которой силы притяжения и отталкивания между молекулами взаимно уравновешиваются и газы ведут себя как идеальные, для макромолекул в растворе существует  $\theta$ -температура, называемая иногда температурой Флори» (Бартенев, Френкель, 1990, с.22).

**57) Аналогия Михаила Волькенштейна.** Российский ученый М.В.Волькенштейн (1950-е годы) расширил арсенал методов теории полимеров в результате того, что по аналогии перенес в эту теорию одномерную модель Изинга, применявшуюся при описании явлений ферромагнетизма. В книге «Молекулярная биофизика» (1975) М.В.Волькенштейн пишет о своей аналогии: «Макромолекула – одномерная кооперативная система, в которой каждое звено имеет два соседних. Статистическое рассмотрение такой системы, вычисление для нее статистической суммы, несравненно проще, чем в случае двумерной и тем более трехмерной системы. Расчеты можно провести на основе одномерной модели Изинга» (Волькенштейн, 1975, с.137). Далее М.В.Волькенштейн детализирует свои рассуждения: «Одномерная модель Изинга позволяет получить весьма поучительные результаты при рассмотрении макромолекул – систем с сильными взаимодействиями вдоль цепи. Для рассмотрения ферромагнетиков одномерная модель непригодна. (...) В теории ферромагнетизма необходима, по крайней мере, двумерная модель» (там же, с.141). Аналогию между поведением полимерных систем и моделью Изинга одновременно с М.В.Волькенштейном развивали его ученики. Т.М.Бирштейн, Ю.Я.Готлиб и А.А.Даринский в статье «История теории полимеров» (электронный сайт «Вопросы науки»), описывая поворотную изомерию полимеров, констатируют: «Ранее считалось: поворотная изомерия присуща лишь низкомолекулярным соединениям. Спецификой данного явления в цепных макромолекулах оказалась взаимозависимость поворотных-изомерных состояний соседних по цепи связей. Это навело группу учеников Волькенштейна на мысль о возможности использовать ранее разработанную в физике магнитных явлений так называемую одномерную модель Изинга. Она была предложена в 1925 г. именно для учета взаимозависимости состояний соседних групп. И хотя сами группы, их возможные состояния в полимерной цепи совсем другие, чем в магнетиках, использование математической аналогии оказалось весьма продуктивным» (Т.М.Бирштейн, Ю.Я.Готлиб и А.А.Даринский, сайт «Вопросы науки»). Позже М.В.Волькенштейн (1961) использовал одномерную модель Изинга для статистического описания явления редупликации (удвоения) молекулы ДНК. Об этом он говорит в своем письме Нильсу Бору, который вдохновил многих ученых тем, что попытался по аналогии перенести свой принцип соответствия из квантовой физики в биологию. В указанном письме, содержащемся в книге М.В.Волькенштейна «Перекрестки науки» (1972) исследователь сообщает Бору: «Я работаю в области молекулярной физики и физики полимеров. В последние годы я пытаюсь развить некоторые теоретические исследования в молекулярной биофизике. Я воспользовался моделью Изинга для явлений ферромагнетизма в качестве основы статистико-термодинамической теории редупликации ДНК» (М.В.Волькенштейн, 1972). Данное письмо М.В.Волькенштейна к Н.Бору содержится также в статье российского

ученого «Дополнительность, физика и биология» (журнал «Успехи физических наук», 1988, том 154, выпуск 2, стр.287).

**58) Аналогия Михаила Волькенштейна.** М.В.Волькенштейн (1953) пришел к идее о переносе математической теории цепей Маркова в теорию полимеров, когда заметил аналогию между цепями Маркова, описывающими зависящие друг от друга случайные события, и свойствами полимерных цепей. Кроме М.В.Волькенштейна данную аналогию выявил и использовал, о чем мы уже говорили, брат Е.М.Лифшица (соавтора всех теоретических работ Л.Д.Ландау) И.М.Лифшиц, который перенес в теорию макромолекул концепцию случайных блужданий. М.В.Волькенштейн и О.Б.Птицын в статье «Статистическая физика линейной полимерной цепочки» (журнал «Успехи физических наук», 1953, том XLIX, выпуск 4) аргументируют: «...Относительно системы координат, связанной с полимерной молекулой в целом, каждое звено будет иметь свое распределение ориентаций, зависящее от распределения ориентаций предшествующего ему звена. Мы встречаемся здесь с типичной областью применения метода цепей А.А.Маркова, позволяющего отыскать функцию распределения для некоторой результирующей величины, если функции распределения для ее слагаемых известны» (Волькенштейн, Птицын, 1953, с.513). Еще более ясно М.В.Волькенштейн говорит о своей аналогии в книге «Молекулярная биофизика» (1975). Имея в виду кооперативные полимерные системы, он замечает: «Статистика одномерных кооперативных систем имеет черты сходства с теорией цепей Маркова. Цепями Маркова называются последовательности зависимых случайных событий. Вероятность данного события в цепи зависит от того, какие события ему предшествовали» (Волькенштейн, 1975, с.141). «Математический аппарат теории цепей Маркова, - продолжает М.В.Волькенштейн, - адекватен аппарату статистической теории кооперативной полимерной цепи. Полимерная цепь, в которой осуществляются сильные взаимодействия, определяющие ближний порядок, может моделироваться марковским процессом с памятью на конечное число шагов» (там же, с.142).

**59) Аналогия Михаила Волькенштейна.** М.В.Волькенштейн (1950-е годы) выдвинул гипотезу о том, что для макромолекул полимерных систем характерна поворотная изомерия, по аналогии с поворотно-изомерным состоянием, в котором могут находиться низкомолекулярные соединения. Ю.Д.Семчиков в книге «Высокомолекулярные соединения» (2003) пишет: «Представления о конформационной изомерии молекул алканов распространены на макромолекулы М.В.Волькенштейном, который впервые предложил поворотно-изомерную модель полимерной цепи. Согласно этой модели, заторможенное вращение вокруг связей основной цепи осуществляется дискретно, в результате чего фиксируются конформации транс-, +транс-гош, -транс-гош» (Семчиков, 2003, с.63). Алканы – это предельные углеводороды. Необходимо отметить, что лауреат Нобелевской премии по химии Пол Джон Флори заимствовал формализм поворотно-изомерного приближения, отражающего поведение полимерной цепи, у создателей этого формализма – М.В.Волькенштейна и его учеников (О.Б.Птицын, Т.М.Бирштейн). Т.М.Бирштейн, Ю.Я.Готлиб и А.А.Даринский в статье «История теории полимеров» (электронный сайт «Вопросы науки») подчеркивают: «В Нобелевской лекции (1974 г.) американский физикохимик П.Флори подчеркивал, что его исследования по теории гибкости полимеров базировались на работах Ленинградской школы М.В.Волькенштейна. Идеи и методы, заложенные в основу статистической физики макромолекул, выдержали проверку временем» (Т.М.Бирштейн, Ю.Я.Готлиб и А.А.Даринский, сайт «Вопросы науки»).

**60) Аналогия Макса Перуца (Перутца).** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1962 год М.Перуц (1953) пришел к выводу о возможности определить структуру белка гемоглобина путем сравнения рентгенограмм кристаллов чистого гемоглобина и гемоглобина, к которому присоединены два атома ртути, по аналогии с исследованиями Д.Робертсона (1936). В книге

И.Харгиттаи «Откровенная наука» (2006) М.Перуц вспоминает о том, как ему удалось расшифровать структуру гемоглобина: «Чтобы разобраться со структурой, нужно было решить фазовую проблему, которая обычно считалась неразрешимой для такой большой структуры. В 1953 г. я обнаружил, что она может быть решена с помощью метода изоморфного замещения. Я сравнил рентгенограммы кристаллов чистого гемоглобина и гемоглобина, к которому присоединил два атома ртути. В 1936 г. Дж.М.Робертсон в Глазго определил таким методом структуру органического красителя, но молекула этого красителя содержала лишь 58 атомов, в то время как молекула гемоглобина содержит 10.000 атомов. Все полагали, что присоединение тяжелого атома к белку не должно оказывать какого-нибудь измеримого эффекта на дифракционную картину» (цит. по: Харгиттаи, 2006, с.260). М.Перуц очень высоко оценивал вывод, к которому он пришел по аналогии с результатами Д.Робертсона. «Итак, - говорит он, - я обнаружил, что фазовая проблема может быть решена с помощью добавления тяжелых атомов. Это было важнейшим открытием в моей жизни, так как оно создало новое направление исследований – применение рентгеноструктурного анализа для изучения структуры белков» (там же, с.260). Об этом же говорится в статье П.А.Коржуева «Молекула гемоглобина» (журнал «Химия и жизнь», 1965, № 3). П.А.Коржуев цитирует Перуца: «В течение некоторого времени У.Л.Брэгг и я без особого успеха пытались разработать метод расшифровки фаз. Окончательное решение пришло в 1953 году, когда я открыл, что метод, найденный для более простых структур, может быть также использован для белков. Суть этого метода в том, что молекулу вещества несколько видоизменяют путем введения в нее тяжелых атомов – таких, как атомы ртути, - для определения их положения в структуре молекулы. Присутствие тяжелого атома вызывает заметные изменения в дифракционной картине и дает возможность получить большую информацию о фазах» (П.А.Коржуев, 1965).

**61) Аналогия Л.Оргела, К.Йергенсена и К.Бальхаузена.** Л.Оргел, К.Йергенсен и К.Бальхаузен (1950-е годы) создали в квантовой химии теорию поля лигандов по аналогии с теорией кристаллического поля, развитой Хансом Бете (Нобелевская премия по физике за 1967 год) и Джоном Ван Флеком (Нобелевская премия по физике за 1977 год). М.Ю.Овчинников в статье «История квантовой химии» (сайт «Уфимское квантовохимическое общество») пишет: «Еще одной чемчужиной квантовой химии стала теория кристаллического поля, предложенная немецким ученым Хансом Альбрехтом Бете в 1929 году (его работы были посвящены спектроскопии ионов) и разрабатывавшаяся в последующие годы американским ученым Джоном Хасбруком Ван Флеком. Свое применение в химии она получила в 1950-е годы как теория поля лигандов благодаря исследованиям английского ученого Л.Оргела и датских ученых К.Йергенсена и К.Бальхаузена. Согласно теории кристаллического поля, связь между ядром комплекса и лигандами ионная или ион-дипольная. При этом комплексообразователь рассматривается с детальным учетом его электронной структуры, а лиганды как бесструктурные заряженные точки, создающие электростатическое поле. Теория поля лигандов, как было сказано, являет собой продолжение теории кристаллического поля. В ней электростатическое взаимодействие дополнено идеей перекрывания орбиталей» (М.Ю.Овчинников, Интернет). И.Харгиттаи и М.Харгиттаи в книге «Симметрия глазами химика» (1989) пишут: «Бете [13] показал, что вырожденное электронное состояние катиона расщепляется в кристаллическом поле на неэквивалентные состояния. Происходящие изменения целиком зависят от симметрии кристаллической решетки. Первоначальная работа Бете относилась к ионным кристаллам, но сама концепция нашла более широкое применение. Когда атом или ион попадает в окружение лигандов, симметрия их расположения будет оказывать влияние на распределение электронной плотности в атоме или ионе» (И.Харгиттаи, М.Харгиттаи, 1989, с.298).

**62) Аналогия Николая Эммануэля.** Выдающийся отечественный химик Н.М.Эммануэль построил теорию разветвленных цепных реакций, описывающую процессы окисления

органических веществ в жидкой фазе, по аналогии с теорией разветвленных цепных реакций, разработанной Н.Н.Семеновым для описания процесса окисления веществ в газовой фазе. В книге «Академик Николай Маркович Эммануэль» (2000) Э.А.Блюмберг отмечает: «Н.М.Эммануэль первый в мировой науке распространил учение Н.Н.Семенова о разветвленных цепных газофазных реакциях на процессы окисления органических веществ в жидкой фазе. В работах его школы установлены кинетические закономерности и механизм этих реакций и широко использованы различные химические и физические методы воздействия на их скорость и селективность» («Академик Николай Маркович Эммануэль», 2000, с.69).



«Вскоре я бесповоротно решил, что хочу заниматься наукой. Не просто для развлечения, как раньше, а проводить научные исследования, сделать какое-нибудь большое открытие. Не то, чтобы я считал себя гениальным; я таким не был. Но я полагал, что в жизни нет ничего более стоящего, чем попытка продвижения в понимании мира».

Джордж Портер о себе

**63) Аналогия Джорджа Портера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1967 год Джордж Портер разработал метод импульсного фотолиза, то есть метод исследования короткоживущих свободных радикалов, образующихся в различных химических реакциях, руководствуясь двумя аналогиями. Первая аналогия заключалась в том, что Д.Портер перенес в химию свободных радикалов метод наблюдения за воздушными мишенями с помощью радара, который использует импульсы электромагнитного излучения. Вторая аналогия состояла в том, что Д.Портер перенес в химию мощные лампы-вспышки, которые во время Второй мировой войны устанавливались на английских бомбардировщиках для освещения территории, которую они облетали и фотографировали. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) Д.Портер рассказывает о тех аналогиях, которые он использовал: «...Главная идея моего исследования была следствием сочетания моего опыта работы с радаром и фотохимии. В то время на химическом факультете Кембриджского университета были ученые, которых интересовали свободные радикалы со временем существования порядка одной тысячной секунды или меньше. Многие сомневались в том, что такие радикалы вообще существуют, но я хотел их увидеть. Я человек простой и не верю в то, чего нельзя увидеть. Чтобы это сделать, вместо непрерывного источника света, вроде армейских прожекторов, я применил очень мощные лампы-вспышки, разработанные во время войны; их ставили на бомбардировщики, в бомбовый отсек которых в качестве источника энергии помещались конденсаторы, и эти бомбардировщики летали над территорией Германии и фотографировали ее. Я привез одну такую лампу, изготовленную в Ланкашире, достал у флотских людей конденсаторы и получил чудовищной мощности вспышку, гораздо сильнее той, которая была нужна. (...) Вторая идея, пришедшая ко мне примерно год спустя, заключалась в том, чтобы использовать две вспышки: одну как импульс, а другую как детектор. Это был оптический эквивалент радара. Радар использует импульсы электромагнитного излучения, радиоволны. Продолжительность импульсов была несколько миллионных долей секунды, что соответствует микросекундам в радаре, которые мы использовали перед тем, как я ушел из флота. Идея была в том, чтобы послать импульс, а затем исследовать его при помощи скорости света, используя расстояние как меру времени» (Харгиттаи, 2003, с.424). И.Харгиттаи воспроизводит фрагмент своей беседы с Д.Портером: «Значит, Вы получили от военно-морского флота не только оборудование, но и идеи? Совершенно верно. Нет ничего более полезного, чем соединение двух совсем разных идей» (Харгиттаи, 2003, с.425).

**64) Аналогия Роберта Малликена.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1966 год Р.Малликен разработал в химии метод молекулярных орбиталей для исследования свойств молекул по аналогии с методом атомных орбиталей, который был создан в физике для изучения свойств многоэлектронных атомов. Эта аналогия позволила Р.Малликену перенести в концепцию молекулярных орбиталей (МО) многие положения, принципы и методы теории атомных орбиталей (АО). В.И.Минкин, Б.Я.Симкин и Р.М.Миняев в книге «Теория строения молекул» (1997) указывают: «Если в методе ВС (методе валентных связей Полинга – Н.Н.Б.) волновая функция молекулы строится, исходя из комбинаций волновых функций, образующих молекулу атомов, то в методе МО полная волновая функция молекулы строится из функций, описывающих поведение отдельных электронов в поле, создаваемом остальными электронами и всеми атомными ядрами, которые образуют молекулярный остов. Тем самым исходная идея метода МО примыкает к концепции АО с той разницей, что в отличие от последних МО являются многоцентровыми орбиталями. Значение этой аналогии состоит в возможности перенесения в теорию МО всех основных положений, теорий и методов многоэлектронного атома» (Минкин и другие, 1997, с.108-109). «Таким образом, - резюмируют те же авторы, - аппарат теории многоэлектронного атома легко переносится на случай молекулы в приближении МО...» (там же, с.110).

**65) Аналогия Роберта Малликена.** Роберт Малликен склонился к заключению об использовании математической теории групп для классификации молекулярных орбиталей при анализе формы ряда сложных молекул по аналогии с использованием теории групп в квантовой механике, где она приобрела большое значение благодаря исследованиям Э.Вигнера. Эту аналогию Р.Малликену впервые подсказал лауреат Нобелевской премии по физике за 1977 год Джон Ван Флек. В статье «Малликен Роберт Сандерсон» (сайт «Кругосвет») Кирилл Зеленин констатирует: «Малликену, а также немецкому ученому Эриху Арманду Артуру Йозефу Хюккелю (1896-1980) удалось доказать преимущество метода молекулярных орбиталей по сравнению с методом валентных связей на примере анализа ряда сложных молекул, а также установить форму и относительные энергии орбиталей для многих соединений. Американский физик, Нобелевский лауреат 1977 года Джон Хесбрук Ван-Флек (1899-1980) обратил внимание Малликена на возможность использования теории симметрии (теории групп) для классификации молекулярных орбиталей. Эта работа была проделана Малликеном. В дальнейшем Малликен продолжал исследования основных особенностей молекулярной структуры, сочетая спектроскопический анализ со сложными теоретическими расчетами. В результате вместе с учеником и сотрудником Клеменсом Рутаном он создал метод расчета молекул. Теория молекулярных орбиталей рассматривает взаимодействие между атомными ядрами и электронами в составе молекулы в терминах квантовой механики. Малликен показал, что сочетание расчетов молекулярных орбиталей с экспериментальными (спектроскопическими) данными служит мощным инструментом описания связи в сложных молекулах» (К.Зеленин, сайт «Кругосвет»). В своей нобелевской лекции «Спектроскопия, молекулярные орбитали и химическая связь» (журнал «Успехи физических наук», апрель 1968 г.) Р.С.Малликен отмечает: «В своих исследованиях я применил метод ЛКАО и учел свойства симметрии молекул. Тогда же Ван-Флек обратил мое внимание на то, что теоретико-групповой метод приведения к неприводимым представлениям, развитый Бете для орбиталей атома в кристалле, можно применить для классификации МО. Для различных групп МО я предложил систему обозначений, подобных тем, которые применял Плачек в своих исследованиях спектров комбинационного рассеяния. Естественно было бы применить метод МО для изучения такого типа соединений, как комплексные ионы высокой симметрии» (Малликен, 1968, с.597). Из лекции Р.С.Малликена ясно, что доминирующим был перенос теоретико-группового метода, использованного Бете для атомных орбиталей в кристалле, в область химии для описания молекулярных орбиталей различных веществ. Другими словами, Малликен использовал математическую теорию групп при изучении свойств симметрии

молекул по аналогии с тем, как другой Нобелевский лауреат Ханс Бете применил теоретико-групповой подход при изучении орбиталей атома в кристалле.

**66) Аналогия Майкла Дьюара.** Английский химик М.Дьюар внес существенный вклад в химическую науку благодаря тому, что по аналогии перенес метод молекулярных орбиталей Малликена в те области химии, в которых его не применял даже Малликен. Лауреат Нобелевской премии Малликен в основном использовал метод молекулярных орбиталей в неорганической химии, тогда как М.Дьюар распространил его на область органической химии. В книге «Откровенная наука» (2003) И.Харгиттай цитирует М.Дьюара: «Я был первым химиком-органиком, который действительно выяснил, что представляет собой квантовая теория, и применил ее к объяснению химического поведения. Когда я начинал свою работу, химики-органики интерпретировали свои результаты в терминах теории резонанса, упрощенной версии теории валентных связей, введенной Полингом. Я показал, что малликеновские молекулярные орбитали работают гораздо лучше, и я разработал способы их простого использования. Это, в свою очередь, привело к предсказанию целого ряда новых концепций, которые теперь широко используются химиками-органиками, например, антиароматичность, сигма-сопряжение...» (Харгиттай, 2003, с.154).

**67) Аналогия Джулио Натта.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1963 год Джулио Натта пришел к идее о возможности полимеризации пропилена в присутствии титан-алюминиевого катализатора по аналогии с исследованиями другого Нобелевского лауреата Карла Циглера, который обнаружил способ полимеризации другого углеводорода – этилена в присутствии того же катализатора. В статье «Натта Джулио» (сайт «Кругосвет») Кирилл Зеленин отмечает: «Услышав в 1952 году о полимеризации этилена, Натта обратил внимание на следующий после этилена олефин, пропилен – побочный продукт, который образуется при переработке нефти и на порядок дешевле этилена. В 1954 г. он и его коллеги открыли метод каталитической полимеризации пропилена, подобный открытому Циглером методу полимеризации этилена. Натта обнаружил, что новый полимер прочен, обладал высокой точкой плавления, высокой степенью кристалличности и во многих отношениях превосходил полиэтилен высокой плотности, полученный Циглером» (К.Зеленин, Интернет). О генезисе этой же идеи Натта пишет В.Азерников в книге «200 лет спустя. Занимательная история каучука» (1967): «...Он не стал повторять работу Циглера, он оставил полиэтилен и сразу же, немедленно бросил всех сотрудников лаборатории на штурм полипропилена. Этот полимер, знакомый теперь многим, так же как полиэтилен, - ближайший родственник полиэтилена. Разница в том, что его звенья несимметричны, у них есть подвески. До открытия Циглера полипропилен удавалось синтезировать с огромным трудом. Когда Натта первый раз провел синтез на новом катализаторе, он убедился, насколько замечательное открытие сделал его коллега: полипропилен образовывался очень легко» (В.Азерников, 1967). Реконструкция К.Зеленина и В.Азерникова совпадает с описанием Ю.Д.Семчикова, который в книге «Высокомолекулярные соединения» (2003) говорит о времени исследований Циглера: «В то же время работы в данной области проводил Натта. Он внимательно следил за работами Циглера, который на катализаторах ALR3 получал олигомеры этилена. Натта сразу же оценил значение одного из опытов Циглера, в котором на каталитической системе ALR3-TiCl4 был получен полиэтилен. Он применил эту систему к полимеризации пропилена и впервые получил стереорегулярный изотактический полипропилен, упомянутый выше» (Семчиков, 2003, с.243).

**68) Аналогия Роберта Вудворда.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1965 год Роберт Вудворд использовал в процессе синтеза витамина В<sub>12</sub> принцип систематического увеличения асимметрии по аналогии с использованием данного принципа в ходе синтеза резерпина. Дочь Р.Вудворда Кристел Вудворд в статье «Артистизм и элегантность Роберта Бернса Вудворда» (журнал «Химия и жизнь», 1998 г., № 4) пишет: «Вудворд испытывал большое эстетическое

удовольствие, если ему удавалось использовать результаты предыдущей работы в последующем синтезе. Например, принцип систематического увеличения асимметрии, примененный в синтезе резерпина, был использован также и в гораздо более сложном синтезе витамина В<sub>12</sub>, длившемся с 1960 по 1972 год. Один из коллег Вудворда так прокомментировал синтез витамина В<sub>12</sub>: «Нам был продемонстрирован фейерверк, состоящий в создании и разрушении циклов, которые были использованы, чтобы добиться контроля за почти всеми асимметричными центрами в молекуле» (К.Вудворд, 1998).

**69) Аналогия Роберта Вудворда и Роалда Хоффмана.** Лауреаты Нобелевской премии по химии Р.Вудворд и Р.Хоффман (1965) разработали концепцию о зависимости стереоспецифичности химических превращений от симметрии молекулярных орбиталей в результате переноса в область химии различных идей и методов, взятых из физики. В частности, они перенесли в химию метод корреляционных диаграмм Малликена-Уолша, узловые характеристики орбиталей Коулсона-Лонге-Хиггинса и другие методы. И.Харгиттай и М.Харгиттай в книге «Симметрия глазами химика» (1989) цитируют высказывание Л.Салема о теории Вудворда-Хоффмана: «Это был самый большой успех в области химических реакций, в которой сведения из других областей (корреляции орбиталей, предложенные Малликеном, и узловые характеристики орбиталей в сопряженных системах, введенные Коулсоном и Лонге-Хиггинсом) были применены с концептуальным блеском к проблемам, имеющим широкое значение. Химические реакции неожиданно обрели новый смысл» (И.Харгиттай, М.Харгиттай, 1989, с.322). Далее И.Харгиттай и М.Харгиттай поясняют суть корреляционных диаграмм: «Идея и принципы построения корреляционных диаграмм непосредственно вытекают из атомных корреляционных диаграмм Хунда и Малликена [19]. Они оказались очень удобными для оценки «разрешенности» той или иной согласованной реакции. При построении корреляционных диаграмм нужно принимать во внимание как энергию, так и симметрию системы. На диаграмме с одной стороны приближенно изображаются уровни энергии реагентов, а с другой – то же самое, но для продуктов. Следует также учитывать, как происходит сближение молекул. Далее необходимо рассмотреть свойства симметрии молекулярных орбиталей с точки зрения точечной группы активированного комплекса» (там же, с.322). В книге «Квантовая механика и квантовая химия» (2001) Н.Ф.Степанов, говоря о том, что первоначально А.Уолш (1953) применял корреляционные диаграммы для описания трехатомных молекул, далее отмечает: «Анализ на базе корреляционных диаграмм, учитывающих орбитальную симметрию, был далее распространен Р.Вудвордом и Р.Хоффманом на реакции циклоприсоединения, например, на реакцию Дильса-Альдера...» (Степанов, 2001, с.436). Отметим, что реакция Дильса-Альдера – это диеновый синтез, когда к исходному циклическому соединению присоединяются новые циклы, в результате чего происходит превращение типа этилен→бутадиен.

**70) Аналогия Роалда Хоффмана.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1981 год Роалд Хоффман ввел в теорию неорганических соединений закон сохранения орбитальной симметрии по аналогии с использованием данного принципа в теории органических соединений. Отметим, что указанный принцип, согласно которому симметрия молекулярных орбиталей не изменяется на всем пути реакции, был открыт Р.Вудвордом и Р.Хоффманом в 1965 году в ходе исследования электроциклических реакций типа реакций Дильса-Альдера. В.Полищук в статье «Поиски соответствия» (журнал «химия и жизнь», 1982, № 5) цитирует Р.Хоффмана: «Орбитальные модели, которые Вудворд, Фукуи и я ввели вначале для описания свойств органических молекул, оказались весьма полезными и при изучении неорганических или элементоорганических соединений. Установить соответствие, перекинуть мост между двумя традиционными разделами химии оказалось сравнительно легко. Интересно, что применение единого подхода к разным областям науки сближает их, сливает в одно целое» (В.Полищук, 1982). Этот перенос принципов симметрии орбиталей из органической в неорганическую химию получил название изолобальной аналогии.

И.Харгиттаи и М.Харгиттаи в книге «Симметрия глазами химика» (1989) констатируют: «Возможность объединенного подхода к трактовке органических и неорганических систем была достаточно убедительно показана в Нобелевской лекции Р.Хоффмана [10], названной «Наведение мостов между неорганической и органической химией». Основная мысль этой лекции состояла в том, чтобы проанализировать аналогии между структурами относительно сложных неорганических комплексов и сравнительно простых молекул органических соединений. Затем строение и возможные реакции соединений первого класса могут быть поняты и даже предсказаны на основании закономерностей, хорошо зарекомендовавших себя для соединений второго класса» (И.Харгиттаи, М.Харгиттаи, 1989, с.349). В своей Нобелевской лекции (1981) Р.Хоффман говорит: «Сходство граничных орбиталей у неорганических и органических фрагментов является именно тем мостом, который призван объединить эти отдельные области нашей науки» (там же, с.350). В другом месте своей книги И.Харгиттаи и М.Харгиттаи детализируют суть изолобальной аналогии: «Сущность концепции «изолобальной аналогии» такова: установить сходство между этими простыми фрагментами органических молекул и фрагментами комплексов переходных металлов, а затем построить металлоорганические соединения. «Два фрагмента называются изолобальными, если они имеют следующие сходные характеристики (именно сходные, а не идентичные!): число граничных орбиталей, их симметрия и форма, приблизительные значения энергий, а также число электронов, находящихся на них» [10]» (там же, с.352). Об этой же аналогии Р.Хоффмана пишут В.И.Минкин, Б.Я.Симкин и Р.М.Миняев в книге «Теория строения молекул» (1997): «Значение концепции изолобальности состоит в том, что она перекидывает прямой мост, связывающий структурные представления органической химии с усложненными структурами, характерными для химии переходных элементов. Он позволяет вскрыть аналогию электронного строения между внешне совершенно различными классами органических, металлоорганических и неорганических соединений...» (Минкин и другие, 1997, с.356).

**71) Аналогия Владимира Прелога.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1975 год В.Прелог (1969) разработал адекватный способ описания пространственных отношений в молекулярном мире по аналогии с идеями и методами математической дисциплины – топологии. Можно сказать, что В.Прелог, руководствуясь аналогией, смело перенес в стереохимию органических реакций топологические представления. Топология – это область геометрии, занимающаяся общими свойствами фигур, для которых важны общая форма, взаимное расположение, связность, целостность, но не метрические отношения. У.Оллис в предисловии к книге М.Ногради «Сtereохимия» (1984) пишет: «Значительные успехи были достигнуты и в области стереохимии органических реакций благодаря выдвинутому В.Прелогом в 1969 г. предложениям описывать пространственные отношения в молекулярном мире с помощью топологических терминов и понятий. Этот подход привел к возникновению новой научно-исследовательской дисциплины – химической топологии, отличающейся исключительной красотой своих построений» (Оллис, 1984, с.11). Примечательно, что еще в 1857 году английский математик Артур Кэли по аналогии перенес математическую теорию графов в химию ациклических углеводородов, однако это был единичный эпизод в истории плодотворных контактов математики и химии. В.И.Соколов в книге «Введение в теоретическую стереохимию» (1982) отмечает: «Началом следует считать 1857 год, когда английский математик Кэли исследовал задачу о числе изомеров предельных ациклических углеводородов  $C_n H_{2n + 2}$ . Это был первый пример плодотворного и взаимовыгодного контакта между химией и математикой. Исходя из структурной проблемы органической химии, Кэли открыл новый класс ациклических графов – деревья, а математическая теория позволила ему рассчитать число изомеров для первых членов ряда алканов» (Соколов, 1982, с.14). Учитывая, что наиболее существенный вклад в разработку топологии внес Б.Риман в 1851 году (хотя в 1827 году ряд теорем топологии исследовал

А.Мебиус), можно сказать, что дистанция между посылками и выводом в аналогии В.Прелога (1969) составляет 118 лет.

**72) Аналогия Григория Баренблатта.** Российский ученый Г.И.Баренблатт вывел математическое уравнение, описывающее явление распространения «шейки» в полимерах, по аналогии с математическим уравнением А.Н.Колмогорова, И.Г.Петровского и Н.С.Пискунова, описывающим распространение генов (биологических видов) в пространстве биосферы. Отметим, что явление распространения «шейки» в полимерах было открыто американскими исследователями Карозерсом и Хиллом. Г.И.Баренблатт в статье «Что я помню и буду помнить всегда», содержащейся в сборнике «Колмогоров в воспоминаниях учеников» (2006) пишет: «В полимерах же типа капрона дело обстоит иначе: шейка быстро принимает определенную форму и далее начинает распространяться по образцу, не меняя этой формы, - возникает своеобразная бегущая волна, которая, в конце концов, покрывает весь образец. Открытие этого явления сразу же привлекло внимание серьезных исследователей – механиков, но предлагавшиеся модели были недостаточными. Я уже к тому времени изучил работу А.Н.Колмогорова, И.Г.Петровского и Н.С.Пискунова о распространении гена, имеющего преимущество в борьбе за существование (независимая работа Р.Фишера была выполнена в Англии практически одновременно, однако степень ее математической завершенности была существенно меньше). Знал я и выполненную чуть позже работу Я.Б.Зельдовича и Д.А.Франк-Каменецкого о распространении пламени. Все это позволило мне сделать вывод, что здесь мы имеем дело с явлением того же типа» (Баренблатт, 2006, с.79).



Г.Крото

«Крото, Смалли и их коллеги не были первыми, кто наблюдал молекулу  $C_{60}$  в таком эксперименте, но они первыми объяснили увиденное. Они совершили дерзкий шаг, предложив структуру на основании малого объема информации. Подобная смелость – решающий фактор, ведущий к открытию. С этой точки зрения, наше школьное образование часто дезориентирует людей. Как часто учителя предупреждают нас никогда не спешить с выводами, пока не известны все факты».

И.Харгиттаи о заслугах Гарольда Крото и его коллег

**73) Аналогия Гарольда Крото, Ричарда Смоли (Смалли) и Роберта Керла.** Лауреаты Нобелевской премии по химии за 1996 год Г.Крото, Р.Смолли и Р.Керл выдвинули гипотезу о химической стабильности и икосаэдрической конфигурации молекулы углерода, состоящей из 60-ти атомов углерода ( $C_{60}$ ), руководствуясь аналогией. В частности, они основывались на аналогии с устойчивостью и икосаэдрической формой геодезических куполов Бакминстера Фуллера, которые он конструировал и представлял на выставке технических достижений в Монреале в 1967 году, а также на аналогии с устойчивостью футбольного мяча. Теоретическое предсказание молекулы углерода, состоящей из 60-ти атомов данного элемента, положило начало развитию новой отрасли химии – химии фуллеренов. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) Гарольд Крото вспоминает: «Я подписался на «Graphis», когда наткнулся на этот журнал – в 1960-х или 1950-х гг. Это журнал по графическому искусству и дизайну, и был целый номер, посвященный Экспо-67, и была фотография павильона США, которую я хорошо помню, - фотография купола, почти целиком состоящего из шестиугольников. Я был на Экспо в 1967 г., когда работал в «Белл телефон» в Нью-Джерси» (Харгиттаи, 2003, с.308). Крото поясняет, как аналогия с звездными куполами Фуллера помогла найти объяснение устойчивости молекулы  $C_{60}$ : «В конце концов, у нас была книга Фуллера, а в ней – куча шестиугольников в геодезических куполах, и была возможность замкнуть конструкцию. Мы считали, что с

помощью замыкания можно избавиться от ненасыщенных связей. Критерий стабильности был одной из основных тем обсуждения в понедельник. В этот день было много разговоров. Я сходил домой на ланч с Бобом Керлом и описал этот звездный купол, так что к полудню я уже думал, исходя из звездного купола» (там же, с.309). О той же аналогии говорит другой нобелевский лауреат Ричард Смоли: «Однажды, когда мы с Гарри бились над вопросом, как строение больших углеродных кластеров может объяснить их четность и особое значение числа 60, чтобы лучше представить себе возможность «замкнутого решения», я спросил Гарри, кто спроектировал купола, поверхность которых, насколько я помнил, представляла собой какую-то, кажется, гексагональную сетку. Он сказал, что это был Бакминстер Фуллер. И я усмехнулся: Вот здорово! Значит это – Бакминстерфуллерен!» (Харгиттаи, 2003, с.328). «...То, что усеченный икосаэдр является подходящей интерпретацией кластера из 60-ти атомов, - добавляет Смоли, - совершенно очевидно для любого человека с хорошей математической подготовкой...» (там же, с.331). Наконец, третий нобелевский лауреат Роберт Керл описывает ход рассуждений, возникших после того, как с помощью спектроскопии удалось зафиксировать пиковый (сильный) сигнал от молекулы  $C_{60}$ : «И вот в понедельник утром приходит Джим Хит с этим колоссальным пиком. Раз есть такой сигнал, надо дать ему объяснение. Наше общее мнение состояло в том, что при данном способе варьирования условий эксперимента наличие такого пика можно объяснить только чрезвычайной химической инертностью структуры  $C_{60}$ . После того, как мы дошли до этой стадии, обнаружение структуры в форме футбольного мяча было лишь делом времени. Мы все думали о Бакминстере Фуллере, о том, как он строил свои купола...» (Харгиттаи, 2003, с.339).

**74) Аналогия Эйдзи Осава и И.В.Станкевича** И.В.Станкевич и Э.Осава (1970) независимо от Крото, Смоли и Керла пришли к идее об устойчивости молекулы  $C_{60}$  в форме усеченного икосаэдра, руководствуясь той же самой аналогией - аналогией с устойчивостью футбольного мяча. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука» (2003) И.В.Станкевич говорит: «Я любил играть в футбол и поэтому часто видел мяч в форме усеченного икосаэдра. Однажды совпали три события. Первым был футбольный матч, в котором я принимал участие. Вторым был лабораторный семинар по квантовохимическим расчетам  $C_{20}$ , на котором был сделан вывод о его нестабильности. Третьим событием был большой футбольный матч, который транслировался в Москве по центральному телевидению. Тогда трансляции футбольных матчей начинались с заставки, изображающей футбольный мяч в виде шлегелевского графа усеченного икосаэдра. Именно это изображение побудило меня предложить исследовать стабильность  $C_{60}$ » (Харгиттаи, 2003, с.293). Далее И.В.Станкевич указывает, что его идее о стабильности молекулы углерода с 60-тью атомами предшествовала гипотеза профессора Бочвара о стабильности молекулы углерода с 20-тью атомами: «Сумасшедшая идея» о молекуле  $C_{20}$  в форме многогранника целиком принадлежала профессору Бочвару. То, что такой кластер оказался нестабильным, не имеет почти никакого значения. Потенциал развития этой идеи был очевиден. Однажды я принес в лабораторию футбольный мяч и сказал Гальперн: «Лена, 22 здоровых мужика часами пинают этот мяч, и с ним ничего не делается. Молекула такой формы должна быть очень крепкой» (там же, с.293). Что касается другого ученого Эйдзи Осава, формулировавшего представление об устойчивости молекулы  $C_{60}$ , то он исходил из той же аналогии. И.Харгиттаи, говоря о сыне Осава Суичи, указывает: «Суичи было четыре года, когда Эйдзи Осава «обратил внимание на футбольный мяч, с которым тот играл, и распознал в узоре на его поверхности рисунок замысловатой комбинации караннуланов, что непосредственно привело к предположению о структуре  $C_{60}$ » (частное сообщение Эйдзи Осава в 1998 г.)» (Харгиттаи, 2003, с.286). Роберт Керл в своей Нобелевской лекции «Истоки открытия фуллеренов: эксперимент и гипотеза» (УФН, 1998, март) замечает: «Первым человеком, представившим молекулу  $C_{60}$  в виде усеченного икосаэдра, был, по-видимому, Осава. Он угадал структуру  $C_{60}$ , когда, размышляя над структурой кораннулена ( $C_{20}H_{10}$ ) (которая представляет собой центральный пятиугольник,

составленный из атомов углерода, окруженный пятью шестиугольниками), остановил свой взгляд на футбольном мяче сына и представил себе ту же модель молекулы» (Керл, УФН, 1998, с.331). Мы видим, что существование стабильной молекулы  $C_{60}$  предсказывали как минимум пять ученых: Крото, Смолли, Керл, Станкевич и Осава, причем для каждого из них аналогия с геометрическими телами, имеющими икосаэдрическую форму, была решающей. Исследования данных ученых заложили основы химии фуллеренов.

**75) Аналогия Джорджа Ола.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1994 год Джордж Ола сформулировал идею о способности атома углерода связываться с пятью или шестью атомами других элементов по аналогии с описанной химиком Винштейном способностью атома углерода связываться с пятью или шестью такими же атомами углерода. Позднее Д.Ола обнаружил, что и водород может связываться с пятью или шестью атомами других элементов. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) Джордж Ола пишет об этой аналогии: «Такая делокализация, первоначально описанная Винштейном, действительно имела место, и мы первые смогли это видеть непосредственно. Позднее пришла вполне логичная, как я думал, мысль: если такое может случиться внутри молекулы, почему бы этому не случиться между молекулами? Это привело к открытию широкого ряда электрофильных реакций насыщенных углеводородов, т.е. одинарных связей С-Н или С-С, и к пониманию того, что при некоторых условиях водород действительно может связывать пять или даже более соседних групп» (Харгиттаи, 2003, с.246). Указывая на самое важное научное достижение в своей карьере, Д.Ола говорит: «По всей вероятности, это было осознание того факта, что, вопреки общепринятой концепции, сформулированной Кекуле более ста лет назад и гласящей, что углерод не может быть одновременно связан более чем с четырьмя атомами, на самом деле при определенных условиях в электрондефицитных системах углерод может связывать группы из пяти или шести, а в некоторых случаях даже из восьми атомов» (там же, с.246).

**76) Аналогия Уолтера Кона.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1998 год Уолтер Кон разработал в химии метод функционала плотности для исследования молекул и для определения плотности электронного газа молекул, когда по аналогии перенес в химию метод функционала плотности, ранее применявшийся в физике для расчетов свойств кристаллов. В физике данный метод впервые появился в теории Томаса-Ферми, развитой Л.Томасом и Э.Ферми в 1927 году. Позже П.Дирак усовершенствовал данную теорию за счет введения в нее слагаемого, описывающего обменное взаимодействие. Л.А.Грибов в статье «Нобелевская премия 1998 года по химии. Д.Попл и У.Кон» (журнал «Природа», 1999, № 1) указывает: «Пока в замкнутом пространстве находится всего несколько десятков хаотически движущихся частиц, еще можно «следить» за траекторией каждой из них. Ну, а если их миллионы? Тогда надо менять средства описания и вводить понятие давления и др. Кон поступил именно так и предложил метод функционала плотности, в котором оперируют уже понятием плотности электронного газа, не детализируя поведение отдельных электронов. Этот метод, первоначально применявшийся для расчетов свойств кристаллов, сейчас с успехом используется и для исследования молекул (правда, главным образом так называемых основных состояний). Методы молекулярных орбиталей (разработанные ранее Малликеном, Поплом и др.) и функционала плотности начали сближаться и перекрываться» (Л.А.Грибов, 1999).

## Глава 5

### Аналогии в области геологии

**1) Аналогия Эдварда Зюсса.** Эдвард Зюсс (1880) предположил, что когда-то существовало большое суперконтинентальное пространство, названное им Гандваной и протянувшееся вокруг всего Южного полушария, отталкиваясь от сходства (анalogии) видов растений и животных в различных, далеко отстоящих друг от друга частях мира, разделенных океанами, через которые эти растения и животные не могли переправиться. А.Азимов в книге «Выбор катастроф» (2002) отмечает: «Существуют сходные виды растений и животных в различных, далеко отстоящих друг от друга частях мира, разделенных океанами, через которые эти растения и животные не могли переправиться. В 1880 году австрийский геолог Эдвард Зюсс предположил, что когда-то существовали земляные мосты, соединявшие континенты. Например, он представлял себе большое суперконтинентальное пространство, протянувшееся вокруг всего Южного полушария, объясняя, что именно благодаря ему эти особи достигли различных массивов суши, которые очень удалены друг от друга» (Азимов, 2002, с.229).

**2) Аналогия Альфреда Вегенера.** Альфред Вегенер (1912) пришел к идее дрейфа континентов, логически оттолкнувшись от удивительного сходства (анalogии) очертаний береговой линии континентов по разные стороны Атлантического океана. Сходство очертаний береговой линии по разные стороны Атлантики навело Вегенера на мысль о том, что в далеком прошлом Америка и Африка составляли единый материк, но затем расползлись в разных направлениях (А.Азимов, «Выбор катастроф», 2002). Вегенер сам признавался в этом: «Я пришел к этой мысли, основываясь на сходстве очертаний береговой линии, но доказательством должны служить, естественно, геологические данные» (Э.Хеллем, «Великие геологические споры», 1985). Независимо от Вегенера и задолго до него на сходство береговых линий разных материков обращали внимание Ф.Бэкон, А.Ортели, А.Снайдер. Е.В.Кузина, О.В.Ларина и др. в книге «Энциклопедия открытий и изобретений человечества» (2006) указывают: «После открытия Колумбом Америки при составлении географических карт стали уточняться изображения американского побережья. Ученые обратили внимание на странность получившейся картины – береговые линии материков практически совпадали. Это явление люди отметили еще на заре картографии. Об этом размышляли знаменитый английский философ Френсис Бэкон, французский мыслитель Франсуа Пласэ и др.» (Кузина, Ларина и др., 2006, с.74). «Следующий шаг к открытию концепции дрейфа континентов, - пишут те же авторы, - сделал Антонио Снайдер. Снайдер в середине 19 века узнал о полном сходстве ископаемых растений каменноугольного периода палеозойской эры, найденных в Европе и Северной Америке, и стал искать причину этого. Исследователь решил, что ископаемые деревья росли в одном большом лесу, разделившемся когда-то на части. Одна половина оказалась в Европе, а другая в Америке. Сблизив на карте материка так, чтобы берега соединились, Снайдер получил единый континент» (там же, с.74).

**3) Аналогия Владимира Кеппена.** Владимир Кеппен (1924) сформулировал идею о том, что причиной наступления ледниковых эпох является изменение орбитальных параметров движения Земли, когда обратил внимание на сходство (анalogию) двух кривых: кривой А.Пенка, отражающей изменения величины ледникового щита за десятки тысяч лет, и кривой У.Леверье, показывающей изменения положения нашей планеты относительно Солнца. Л.С.Клейн в статье «Археология спорит с физикой» (журнал «Природа», 1966, №№ 2-3) указывает: «Более сорока лет тому назад (работа опубликована в 1924 г.) немецкий метеоролог В.Кеппен, исследуя историю климата, первым заметил поразительно точное совпадение двух кривых, косвенно отображающих климатические изменения. Одна кривая показывала изменения величины ледникового щита и была построена в 1909 г. швейцарским геологом А.Пенком. Изучив ледниковые отложения в Альпах – морены и т.п., А.Пенк не только установил, что Альпы пережили 4 крупных сползания ледников с гор в долины и что

эти 4 оледенения соответствуют 4 скандинавским оледенениям, но и измерил продолжительность межледниковых периодов, сравнивая размеры русел, прорытых потоками от таявших ледников. Проследив скорость отложения вымытого из русел песка в дельтах современных швейцарских рек, геологи высчитали, что со времени последнего оледенения прошло около 20 тыс. лет» (Л.С.Клейн, 1966). «Вторая кривая, - продолжает Л.С.Клейн, - была основана на астрономических наблюдениях француза У.Леверье, который определил скорость различных изменений в положении нашей планеты относительно Солнца – качаний оси (изменения эклиптики с периодом в 40 тыс. лет), «пульсации» орбиты (изменения эксцентриситета орбиты с периодом с периодом в 92 тыс. лет) и вращения орбиты (предварения равноденствия с периодом в 26 тыс. лет)» (Л.С.Клейн, 1966).

**4) Аналогия Ивана Губкина.** Выдающийся русский геолог Иван Михайлович Губкин (1932) выдвинул гипотезу о существовании огромных залежей нефти в районе Западной Сибири по аналогии с наличием запасов нефти в районе Аппалачской впадины в Северной Америке (Пенсильвания, США). Основанием для проведения данной аналогии послужило сходство геологического строения Аппалачской впадины в Северной Америке и впадины (депрессии) Западной Сибири. Марсель Зарипов в статье «Триумф и трагедия Ивана Губкина» (журнал «Нефть России», 2000, №№ 4-5) пишет о поездке И.Губкина в штат Пенсильвания после аналогичной поездки Д.И.Менделеева: «Губкин в Соединенных Штатах тоже был на участках штата Пенсильвании, где полковник Дрейк в 1859 г. пробурил первую нефтяную скважину, от которой по американским провинциям прошел нефтепоисковый бум. Он смотрел, как добывают нефть, что с ней делают, верный своему научному методу, сравнивал, размышлял над добытой информацией и нашел сходные черты, которые позволили ему сделать фантастический вывод о возможных скоплениях нефти в областях Урало-Поволжской провинции, на еще более громадных пространствах Западно-Сибирской низменности. (...) И в его расчетах рождается конкретная программа поисков нефти, с которой он обращается к коллегам-геологам, выступая перед ними на специальном совещании в Уфе, на Урало-Кузнецкой сессии Академии наук СССР. «Геологическое строение нашего востока является во многом сходным с соответствующей частью США, и в данном случае геологической аналогией, может быть, не следует пренебречь...». Главное, что означает этот смелый, необычный вывод, который до сих пор не отваживался произнести ни один самый смелый мечтатель: «Пора начать систематические поиски нефти на восточном склоне Урала». Таков был мостик, который великий провидец Губкин перебрасывал между нефтеносными провинциями двух континентов... » (М.Зарипов, 2000). Об этой же аналогии Губкина пишет Валерий Бушуев в статье «Разведчик нового мира...» (сайт Ханты-Мансийского автономного округа): «В 1932 году Иван Михайлович Губкин высказал предположение о том, что в Западной Сибири расположена гигантская депрессия (впадина), в которой в геологическом прошлом накапливались благоприятные для образования нефти и газа осадки и, по всей вероятности, могут быть найдены промышленные запасы. За гениальной догадкой ученого стоял анализ геологии Сибири, ее сравнение с другими сходными по истории развития районами, где нефть и газ уже были найдены. Он обратил внимание на сходство геологического строения Аппалачской впадины в Северной Америке, где в то время добывали нефть, и Западной Сибири, высказав предположение о целесообразности нефтепоисковых работ на этой огромной территории» (В.Бушуев, Интернет).

**5) Аналогия Уилларда Либби.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1960 год Уиллард Либби (1946) пришел к мысли о том, что в природе должны происходить ядерные реакции, при которых нейтроны, выделяющиеся под воздействием космических лучей в атмосфере Земли, поглощаются атомами азота, образуя радиоактивный изотоп углерода, руководствуясь аналогией. В частности, У.Либби по аналогии исходил из опытов, в которых наблюдалось взаимодействие искусственно получаемых нейтронов с атомами азота, что приводило к образованию радиоактивных атомов углерода. Эта аналогия позволила ученому разработать

знаменитый радиоуглеродный метод определения возраста древних объектов, за что он и был удостоен Нобелевской премии. Л.С.Клейн в статье «Археология спорит с физикой» (журнал «Природа», 1966, №№ 2-3) пишет: «Вскоре после окончания второй мировой войны американец Уилард Фрэнк Либби опубликовал открытие, стяжавшее ему мировую славу и ныне увенчанное Гуггенгеймовской и Нобелевской премиями. Изучая взаимодействие искусственно получаемых нейтронов с атомами азота, Либби пришел к выводу (1946 г.), что и в природе должны происходить такие же ядерные реакции, как в его опытах: нейтроны, выделяющиеся под воздействием космических лучей в атмосфере Земли, должны поглощаться атомами азота, образуя радиоактивный изотоп углерода  $C_{14}$ . Этот радиоактивный углерод примешивается к небольшому количеству к стабильным изотопам углерода  $C_{12}$  и  $C_{13}$  и вместе с ними образует молекулы углекислого газа, которые усваиваются организмами растений, а через них и животных, в том числе человека. Они должны быть как в тканях, так и в выделениях живых организмов. Когда удалось (1947 г.) уловить слабую радиоактивность зловонных испарений метана из сточных вод Балтимора, это явилось первым подтверждением догадки Либби» (Л.С.Клейн, 1966). У.Либби учитывал также открытие работавшего в Нью-Йоркском университете Сержа Корфа, который в 1939 году установил, что когда космические лучи пронизывают атомы в верхних слоях атмосферы, они вызывают поток нейтронов.

**6) Аналогия Владимира Штокмана, Генри Стоммела и Карла Россби.** Известные исследователи В.Штокман, Г.Стоммел и К.Россби (1950-е годы) независимо друг от друга высказали предположение о существовании в океане гигантских вихрей, вносящих определенный вклад в динамику переноса жидкости, по аналогии с существованием подобных вихрей в атмосфере, которые также вносят вклад в процессы переноса воздушных масс. В.Штокман, Г.Стоммел и К.Россби опирались также на аналогию с такими океанскими вихрями, как Гольфстрим и Куроисио. М.Н.Кошляков в статье «Открытие и исследование синоптических вихрей открытого океана» (журнал «Известия РАН. Физика атмосферы и океана», 2002, том 38, № 6) пишет: «В пятидесятых годах уже достаточно хорошо был известен весьма специфический вид океанских вихрей – так называемые «ринги» (кольца) Гольфстрима и Куроисио, образующиеся в результате обострения и дальнейшего отрыва меандров этих интенсивных струйных течений. Что же касается всего остального океана, то предположение о существовании в нем очень крупных вихреобразных возмущений поля скорости течения, в чем-то, возможно, схожих с рингами Гольфстрима и Куроисио, высказывалось наиболее выдающимися океанологами (В.Б.Штокман в СССР, К.Г.Россби и Г.Стоммелом в США) преимущественно из общих физических соображений и по аналогии с атмосферой» (М.Н.Кошляков, 2002).

**7) Аналогия Джеймса Лавлока.** Один из патриархов мировой экологии Д.Лавлок (1965) выдвинул гипотезу о том, что Земля – это живой организм, основываясь на аналогии (сходстве) нашей планеты с живыми организмами по такому признаку, как наличие большого количества обратных связей, позволяющих системе регулировать саму себя. Примером обратной связи, действующей на Земле, является следующий факт: повышение содержания углекислого газа в атмосфере приводит к усилению роста растений, что в свою очередь снижает уровень углекислого газа. Другой посылкой гипотезы Лавлока была аналогия между кибернетическим описанием неравновесных процессов, происходящих в атмосфере Земли, и теорией диссипативных структур И.Пригожина, в которых рассматривались законы поведения неравновесных открытых систем. Изучая атмосферу Марса с помощью телескопов, работающих в инфракрасном диапазоне, Лавлок совместно с Д.Хичкоком обнаружил, что на марсианской атмосфере очень мало кислорода, очень много углекислого газа и совсем нет метана. Между тем атмосфера Земли содержит массу кислорода, мизерные количества углекислого газа и много метана. Кислород и метан образуются в атмосфере Земли за счет жизнедеятельности микроорганизмов и зеленых растений. Лавлок рассуждал: растения

непрерывно производят кислород, а другие организмы – другие газы, так что объем атмосферных газов постоянно пополняется по мере движения химических реакций. Лавлок заключил, что атмосфера Земли является далекой от равновесия открытой системой с непрерывным потоком энергии и материи. Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003) пишет об этой догадке Лавлока: «Это прозрение пришло к Лавлоку внезапно, и он навсегда запомнил точный момент его рождения: «Откровение Гайи пришло ко мне совершенно внезапно – как вспышка просветления. Я находился в маленькой комнате на верхнем этаже здания Лаборатории реактивных двигателей в Пасадене, Калифорния. Это была осень 1965 года... и я обсуждал с коллегой Даеном Хичкоком статью, которую мы вместе готовили... Именно в этот момент я узрел Гайю. Мне в голову пришла потрясающая мысль. Атмосфера Земли представляет собой необычную и неустойчивую смесь газов. Вместе с тем я знал, что ее состав не менялся в течение огромного периода времени. А что если Земля не только сформировала атмосферу, но также и регулировала ее – поддерживая ее постоянный состав, а именно на том уровне, который благоприятен для организмов?» (Капра, 2003, с.120).

**8) Аналогия Джеймса Лавлока.** Д.Лавлок (1969) сформулировал предположение о том, что Земля способна регулировать свою температуру и другие планетарные параметры – состав атмосферы, уровень солености океанов и т.д., по аналогии со способностью живых организмов к саморегуляции и поддержанию постоянной температуры и других параметров своего тела. Основанием для проведения данной аналогии послужило сопоставление двух фактов: 1) Земля способна поддерживать постоянство своей температуры, 2) живые организмы также способны поддерживать постоянство своей температуры, причем они делают это за счет механизма саморегуляции. Отсюда по аналогии возникал вывод, что и Земля делает это на основе механизма саморегуляции. Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003) указывает: «Процесс саморегуляции является ключевым в идее Лавлока. Из астрофизики он знал, что с тех пор как на Земле зародилась жизнь, тепловое излучение Солнца повысилось на 25% и что, несмотря на это увеличение, температура поверхности Земли оставалась неизменной на уровне, благоприятном для жизни, в течение этих четырех миллиардов лет. Что если Земля способна регулировать свою температуру и другие планетарные параметры – состав атмосферы, уровень солености океанов и т.д. – точно так же, как живые организмы способны к саморегуляции и поддержанию постоянной температуры и других параметров своего тела? Лавлок понял, что эта гипотеза ведет к разрыву с традиционной наукой...» (Капра, 2003, с.120). «В 1969 году, - продолжает Ф.Капра, - Лавлок впервые представил свою гипотезу Земли как саморегулирующейся системы на научном семинаре в Принстоне. Вскоре после этого его друг, писатель, понимая, что идея Лавлока возрождает мощный древний миф, предложил название Гайя-гипотеза в честь греческой богини Земли. Лавлок с радостью принял предложение и в 1972 году опубликовал первую обширную версию своей идеи в статье под названием «Гайя: взгляд сквозь атмосферу» (там же, с.121). Поначалу неприятие научным сообществом этого нового взгляда на жизнь было столь сильным, что Лавлоку было трудно публиковать свои идеи. Авторитетные академические журналы, как «Science» и «Nature», отвергли их. В конце концов, астроном Карл Саган, который издавал «Icarus», предложил Лавлоку опубликовать его гипотезу в своем журнале.

## Глава 6

### Аналогии в области биологии и медицины

**1) Аналогия Эразистрата.** Ученый древности Эразистрат высказал идею о циркуляции нервного флюида (особого нервного вещества) в нервных волокнах, имеющих форму трубок, по аналогии с циркуляцией крови в артериях и венах. Упоминание об этой аналогии можно найти в книге В.В.Лункевича «От Гераклита до Дарвина. Очерки по истории биологии» (1936). Позже такую же идею высказал Рене Декарт, причем также по аналогии с движением крови в сосудах. Во времена Декарта закономерности движения крови в сосудах были изучены более детально, чем в эпоху Эразистрата, поэтому и аналогия Декарта выглядела более правдоподобно. Идея Декарта о движении нервного флюида в нервных трубках позволила ему приблизить науку к формулировке понятия рефлекса. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) указывает: «Сам термин рефлекс в работах Декарта отсутствует, но в его описаниях строения и функционирования тела четко прочитываются основные компоненты рефлекторной дуги. Значительное влияние на создание Декартом его теории рефлекса оказало открытие Гарвеем процесса кровообращения. Прохождение нервного импульса Декарт мыслил по аналогии с прохождением крови по сосудам. Он считал, что все тело пронизано нервами, берущими свое начало в мозге и идущими ко всем частям тела» (Марцинковская, 2007, с.116).

**2) Аналогия Леонардо да Винчи.** Предположение Леонардо да Винчи о том, что тембр и высота звука, издаваемого человеком, зависят от диаметра трахеальной трубки, родилось по аналогии с устройством труб органа, у которых тембр и высота звука также определяются диаметром труб (М.А.Тикотин, «Леонардо да Винчи в истории анатомии и физиологии», 1957).

**3) Аналогия Роберта Гука.** Современник Ньютона Роберт Гук пришел к выводу о биологическом происхождении каменного угля, когда обнаружил сходство (аналогию) строения тоненькой пластинки каменного угля и строения пластинки угля древесного. Гук брал кусочек прожженного древесного угля, размельчал его до тонких гладких пластинок и, рассматривая их в микроскоп, замечал на них множество пор (отверстий), совершенно таких, какие бросаются в глаза и у растений. Аналогичные поры он наблюдал и у каменного угля (В.В.Лункевич, «От Гераклита до Дарвина. Очерки по истории биологии», 1936).

**4) Аналогия Анри Лавуазье и Пьера Лапласа.** Анри Лавуазье и Пьер Лаплас пришли к выводу, что причиной сохранения тепла в живых организмах является превращение кислорода в углекислоту, когда заметили совпадение (аналогию) количества теплоты, выделенной морской свинкой при выдыхании 224 гран углекислоты, с количеством теплоты, выделяющейся при сгорании угля и образовании 224 гран той же углекислоты.

**5) Аналогия Лаццаро Спалланцани.** Лаццаро Спалланцани (1729-1799) пришел к идее опыта, предназначенного доказать невозможность самопроизвольного зарождения микробов, по аналогии с опытом Франческо Реди, в котором доказывалась невозможность самопроизвольного зарождения белых червячков и мух. Реди брал два кувшина и клал в каждый из них по куску мяса. Один кувшин оставался открытым, а другой покрывали легкой кисеей. Когда в открытый горшок влетают мухи, то через некоторое время там появляются червячки и из них – новые молодые мухи. В кувшине же, покрытом кисеей, не появляются ни червячки, ни мухи. Как пишет историк науки Поль де Крюи, «люди тысячу лет ожесточенно спорили по этому вопросу, и никому из них не пришло в голову сделать такой простой опыт, сразу решающий дело...» (Поль де Крюи, «Охотники за микробами», 2006). Крюи говорит о Спалланцани, однажды прочитавшем книгу Реди с описанием указанного опыта:

«Вдохновленный этой книгой, он решил проделать точно такой же опыт, но только не с мухами, а с микроскопическими животными...» (там же).

**6) Аналогия Каспара Вольфа.** Каспар Фридрих Вольф (1759) выдвинул гипотезу о том, что в процессе эмбрионального развития центральная нервная система формируется из верхнего листка зародыша и что все другие органы образуются в результате постепенной структурной дифференцировки организма в процессе внутриутробного развития, руководствуясь аналогией. В частности, К.Ф.Вольф отталкивался от аналогии с явлением образования пищеварительного канала из нижнего листка зародышевой ткани, который при этом свертывается в трубочку. Это явление открыл сам К.Ф.Вольф. Т.С.Сорокина в книге «История медицины» (2005) отмечает: «Каспар Фридрих Вольф (1733-1794 гг.) нанес решительный удар концепции преформизма, развив и экспериментально обосновав теорию эпигенеза (термин, предложенный Вольфом). Тщательно изучив ранние стадии развития цыпленка, он доказал, что куриное яйцо не содержит преформированного зародыша. Более того, Вольф выделил в нем два листка зародышевой ткани и показал, что нижний, свертываясь в трубочку, образует пищеварительный канал, который не существует на ранних стадиях развития. По аналогии с этим наблюдением Вольф предположил, что из верхнего листка формируется центральная нервная система и что все другие органы образуются в результате постепенной структурной дифференцировки организма в процессе внутриутробного развития. Свои воззрения К.Ф.Вольф изложил в диссертации «Теория зарождения», опубликованной в 1759 г., когда ему было всего лишь 26 лет...» (Сорокина, 2005, с.348).

**7) Аналогия Леопольда Ауенбруггера.** Выдающийся венский врач Леопольд Ауенбруггер (1761) пришел к идее о применении в медицине метода выстукивания грудной клетки больного с целью определения скопления жидкости в грудной полости по аналогии со способом выстукивания бочек, который использовали трактирщики его времени, чтобы определить, сколько в них осталось вина. Впоследствии данный метод получил в медицине название перкуссии (аускультации). Историк биологии Г.Глязер в книге «О мышлении в медицине» (1969) пишет: «В 1761 г. венский врач Леопольд Ауенбруггер опубликовал свое сочинение «Inventum novum», типичный пример того, как доступное всем наблюдение может сопровождаться большим шагом вперед благодаря размышлению. Ауенбруггер видел, как трактирщики выстукивали бочки, чтобы определить, сколько в них осталось вина. Как врач он предположил, что таким же образом можно определять, имеется ли в грудной полости жидкость, которую обыкновенно обнаруживали при вскрытии трупов людей, умерших от воспаления плевры. Ауенбруггер, несомненно, произвел много исследований и опытов, прежде чем выступил со своим учением, которое стало основой для физических методов исследования в медицине, сочетавшихся с аускультацией, т.е. выслушиванием. Но вначале учение о перкуссии разделило судьбу многих других великих достижений: оно было забыто. Французы Корвизар, а затем Лаэннек впоследствии извлекли его из-под спуда, и с того времени оно стало достоянием врачей. Сочинение Лаэннека появилось в 1819 г., через десять лет после смерти Ауенбруггера, и содержало классическое описание перкуссии...» (Глязер, 1969, с.76). Роль аналогии в открытии Ауенбруггера подчеркивается М.С.Шойфетом, который в книге «100 великих врачей» (2006) пишет: «Леопольд Ауенбруггер рос в семье виноторговца, и ему приходилось часто наблюдать, как трактирщики выстукивали бочки, чтобы определить, сколько в них осталось вина. Уже будучи врачом, он предположил, что таким же образом можно, наверное, определить, имеется ли в плевральных полостях жидкость, которую обыкновенно обнаруживали только при вскрытии людей, умерших от воспаления плевры. Впоследствии он выяснил, что перкуссией можно распознать одностороннее или двустороннее скопление жидкости между плеврой и легким – экссудативный плеврит, «водянку груди», увеличение полости перикарда, сердечной

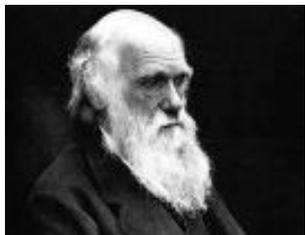
аневризмы, гипертрофию и расширение сердечных желудков. Это, по сути, случайное наблюдение привело к значительному открытию...» (Шойфет, 2006, с.112).

**8) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер разработал математическую модель движения крови в сосудах по аналогии с известными к тому времени математическими уравнениями гидродинамики (движения жидкости). С.В.Фомин и М.Б.Беркинблит в книге «Математические проблемы в биологии» (1973) отмечают: «Около 200 лет тому назад Л.Эйлер предложил гидродинамическую модель системы кровообращения. В этой работе он рассматривает всю кровеносную систему как состоящую из резервуара с упругими стенками, периферического сопротивления и насоса-сердца. Эта работа Эйлера была одной из первых, если не самой первой работой по математическому моделированию биологических процессов. Высказанные Эйлером в этой работе идеи (как и некоторые другие научные результаты) были сперва основательно забыты, а затем возрождены в более поздних исследованиях других авторов» (С.В.Фомин и М.Б.Беркинблит, 1973).

**9) Аналогия Отто Мюллера.** Отто Фридрих Мюллер (1786) разработал бинарную номенклатуру для 379 исследованных им микроорганизмов по аналогии с бинарной номенклатурой знаменитого Карла Линнея (1753) для растений. Г.Г.Шлегель в книге «История микробиологии» (2002) отмечает: «Выдающимся микроскопистом, который начал исследование низших форм жизни, был врач и натуралист из Копенгагена Отто Фридрих Мюллер. Ему мы обязаны первыми представлениями о многообразии микроорганизмов. Он дал характеристики отдельным видам, выделив специфические признаки, такие как форма, пигментация, подвижность и биологическое своеобразие – образование агрегатов, биопленок. Его работа «Инфузории рек и моря», опубликованная после его смерти, в 1786 году, содержит описание 379 различных видов. О.Ф.Мюллер, как все естествоиспытатели того времени, использовал бинарную номенклатуру, которая была введена Карлом Линнеем для растений в его публикации 1753 года «Виды растений» (Шлегель, 2002, с.38). После О.Ф.Мюллера эту же аналогию проводил Фердинанд Кон. «Дальнейшее развитие представлений о бактериях, - поясняет Г.Г.Шлегель, - связано с деятельностью физиолога растений Фердинанда Кона, работавшего во Вроцлаве. Основные результаты этих работ были опубликованы с 1853 по 1877 годы. Он повторил и углубил исследования предшественников и предопределил дальнейший ход бактериологических исследований. Кон отнес бактерии к растительному царству и принял для них бинарную номенклатуру Линнея» (там же, с.42).

**10) Аналогия Жана Батиста Ламарка.** Ж.Б.Ламарк (1809) пришел к идее о том, что механизмом эволюции биологических видов является физическое упражнение органов, по аналогии с тем, что упражнение органов является механизмом совершенствования этих органов (изменения их формы и строения) в процессе индивидуального развития организма. Другими словами, анализируя те изменения конституции органов, которые вызываются физическими упражнениями в процессе онтогенеза, Ламарк по аналогии решил, что эти изменения могут происходить и в филогенезе, закрепляясь через наследственность. Казалось бы, эта аналогия Ламарка не соответствует действительности, так как наследование приобретенных признаков невозможно. Однако в настоящее время ученые уже пересмотрели свои прежние взгляды по данному вопросу. М.Д.Голубовский в статье «Неканонические наследственные изменения», содержащейся в журнале «Природа» (2001 г., № 8-9) указывает: «Интересно, что вышедший в конце 1991 г. Международный ежегодник по генетике открывается статьей О.Ландмана «Наследование приобретенных признаков». Автор суммирует уже давно полученные в генетике факты, показывая, что «наследование приобретенных признаков вполне совместимо с современной концепцией молекулярной генетики». Ландман детально рассматривает около десяти экспериментальных систем, в которых установлено наследование приобретенных признаков. Четыре разных механизма способны привести к нему: изменение структур клеточной оболочки, или кортекса, изученное

Т.Соннеборном у инфузорий; ДНК-модификации, т.е. клонально передаваемые изменения в характере локального метилирования ДНК (сюда входит феномен импринтинга); эпигенетические изменения без каких-либо модификаций ДНК; индуцированная утрата либо приобретение факультативных элементов. Статья Ландемана делает нас как бы свидетелями критического периода смены постулата в генетике, казавшегося неколебимым как скала» (М.Д.Голубовский, 2001).



«Если высшие существа из космоса когда-либо посетят Землю, первым вопросом, которым они зададутся, с тем чтобы установить уровень нашей цивилизации, будет: «Удалось ли им уже открыть эволюцию?»»

Ричард Докинз о заслугах Чарльза Дарвина

**11) Аналогия Чарльза Дарвина.** Впервые мысль об эволюции видов возникла в сознании Ч.Дарвина (1836), когда он прочитал книгу «Начала геологии» Чарльза Лайеля (1832), в которой автор последовательно и доказательно излагал теорию геологической эволюции. Руководствуясь принципом аналогии, Дарвин рассуждал: «Если горы и долины могут эволюционировать, то отчего не могут эволюционировать растения и животные?». Причем, идея эволюции видов осенила Дарвина в тот момент, когда, находясь в кругосветном путешествии на корабле «Бигль», он ознакомился со вторым томом сочинения Лайеля. А.М.Черняк в статье «Истоки споров о Дарвине» (журнал «Химия и жизнь», 2007, № 12) отмечает: «Отправляясь в экспедицию на «Бигле», будущий реформатор биологии приобрел книжную новинку – первый том «Основных начал геологии», в котором Лайелл ввел в геологию принципы эволюционизма. Дарвин внимательно изучил книгу и стал убежденным сторонником эволюции во всех естественных науках, то есть стал глобальным эволюционистом, выражаясь современным научным языком» (А.М.Черняк, 2007). Сам Ч.Дарвин в книге «Воспоминания о развитии моего ума и характера» (1959) пишет: «После того как я вернулся в Англию, у меня явилась мысль, что, следуя примеру Лайеля в геологии и собирая все факты, которые имеют хотя бы малейшее отношение к изменению животных и растений в условиях одомашнения и в природе, удастся, быть может, пролить некоторый свет на всю проблему в целом» (Ч.Дарвин, 1959).

**12) Аналогия Чарльза Дарвина.** Чарльз Дарвин (1838) выдвинул гипотезу о борьбе за существование среди животных, приводящей к усовершенствованию видов и подвидов, по аналогии с предположением Томаса Мальтуса (1798) о том, что рост населения опережает развитие производства, ввиду чего среди людей постоянно происходит борьба за существование, в которой выживают сильнейшие. Эту мысль Мальтус выразил в своем сочинении «О законе народонаселения». Об этом пишут Л.Я.Бляхер и С.Р.Микулинский в книге «История биологии с древнейших времен до начала 20 века» (1972): «Дарвин с присущей ему скромностью отметил, что идеей борьбы за существование, вытекающей из фактов интенсивного размножения, он обязан Мальтусу, книгу которого «О народонаселении» он прочел в 1838 г. Мальтус утверждал, что размножение людей идет в геометрической прогрессии, а прирост средств к существованию – в арифметической...» (Бляхер, Микулинский, 1972, с.300). Д.С.Саркисов в книге «Очерки истории общей патологии» (1993) отмечает: «Сотни читателей видели в книге Мальтуса слова «борьба за существование», но только на Ч.Дарвина они произвели магическое действие, потому что именно этого понятия ему не хватало для окончательного завершения центрального положения эволюционной теории – учения о естественном отборе» (Саркисов, 1993, с.433). Сам Дарвин в книге «Воспоминания о развитии моего ума и характера» (1959) признается: «В

октябре 1838 года, т.е. спустя пятнадцать месяцев после того, как я приступил к своему систематическому исследованию, я случайно, ради развлечения, прочитал книгу Мальтуса «О народонаселении», и так как благодаря продолжительным наблюдениям над образом жизни животных и растений я был хорошо подготовлен к тому, чтобы оценить значение повсеместно происходящей борьбы за существование, меня сразу поразила мысль, что при таких условиях благоприятные изменения должны иметь тенденцию сохраняться, а неблагоприятные – уничтожаться. Результатом этого и должно быть образование новых видов» (Ч.Дарвин, 1959).

**13) Аналогия Чарльза Дарвина.** Чарльз Дарвин (1859) высказал идею о существовании естественного отбора как движущей силы эволюции по аналогии с тем, что механизмом выведения новых пород животных и сортов растений является искусственный отбор, осуществляемый селекционерами. С.Резник в книге «Раскрывшаяся тайна бытия» (1976) отмечает: «...Индивидуальные отличия, считал Дарвин, в случае их полезности, подхватываются естественным отбором; в случае же их вредности – уничтожаются. Дарвин приводил обширный материал о домашних животных и культурных растениях. Впоследствии он находил забавным, что многие из этих сведений почерпнул из бесед со скотоводами и голубятниками в деревенских пивнушках. Ибо на вопрос, как они улучшают породы скота, он всегда слышал один ответ: «Отбираем на племя лучших животных». Дарвин указал на прямую аналогию между образованием домашних пород и видов дикой природы, и в этом тоже сказались его мудрость» (Резник, 1976, с.33). Далее Резник воспроизводит рассуждения Дарвина: «Но если у домашних животных отбор ведет человек, руководствуясь своими нуждами или прихотями, то в дикой природе отбор идет вследствие перенаселенности и борьбы за существование. Идея эта, кстати сказать, возникла у Дарвина, как и у Уоллеса, под впечатлением от книги Мальтуса. Более приспособленные выживают и дают потомство, менее приспособленные - погибают» (там же, с.34). Помимо А.Уоллеса, о котором мы еще скажем, независимо от Ч.Дарвина идея естественного отбора возникла у английского биолога Патрика Мэттью, заслуги которого Ч.Дарвин не забыл отметить в своей книге «Происхождение видов». Л.Я.Бляхер и С.Р.Микулинский в книге «История биологии с древнейших времен до начала 20 века» (1972) указывают: «Вполне осознанную попытку объяснить процесс видообразования при помощи естественного отбора мы встречаем в труде английского лесовода Патрика Мэттью «Строевой корабельный лес и древонасаждения» (1831). Мэттью чисто интуитивно, по аналогии с хорошо знакомым ему искусственным отбором, предположил, что отбор является тем механизмом, с помощью которого осуществляется в природе изменение видов» (Бляхер, Микулинский, 1972, с.271).

**14) Аналогия Чарльза Дарвина.** Ч.Дарвин пришел к выводу о случайном возникновении наследственных изменений, полезных для данного вида животных или растений, по аналогии со случайным появлением полезных наследственных качеств, отбираемых селекционерами, которые не создают эти качества у своих животных, а всего лишь способствуют их быстрому распространению среди особей одного и того же вида.

**15) Аналогия Чарльза Дарвина.** Ч.Дарвин выдвинул предположение о том, что прародиной человечества является Африканский континент, когда обратил внимание на явное морфологическое сходство (аналогию) человека с африканскими антропоидами шимпанзе и гориллой. Т.С.Сорокина в книге «История медицины» (2005) пишет: «Одной из важнейших проблем антропогенеза является вопрос о месте формирования человека – прародине человечества. Чарльз Дарвин (1809-1882), исходя из явного морфологического сходства человека с африканскими антропоидами шимпанзе и гориллой, выдвинул положение о том, что прародиной человечества является Африканский континент. Археологические исследования второй половины 20 века подтверждают идею об африканской прародине человечества» (Сорокина, 2005, с.20).

**16) Аналогия Чарльза Дарвина.** Мысль Ч.Дарвина (1842) об образовании коралловых рифов путем медленного роста кораллов с одновременным понижением морского дна или повышением уровня моря родилась у него по аналогии с процессом отложения осадочных образований и поднятием материка. Дарвин мысленно заменил осадки кораллами, а поднятие материка – понижением морского дна. В книге «Философия и методология науки» (1996) М.А.Розов цитирует слова Дарвина: «Ни один из моих трудов, - пишет Дарвин, - не был предпринят в таком преимущественно дедуктивном направлении... В течение двух предшествовавших лет я имел возможность непрерывно наблюдать то действие, которое оказывали на берега Южной Америки перемежающееся поднятие суши совместно с процессами денудации и образования осадочных отложений. Это с необходимостью привело меня к длительным размышлениям о результатах процесса опускания суши, и было уже нетрудно мысленно заместить непрерывное образование осадочных отложений ростом кораллов, направленным вверх» («Философия и методология науки», 1996, с.235).

**17) Аналогия Альфреда Уоллеса.** Альфред Рассел Уоллес (1858) независимо пришел к идее о борьбе за существование среди животных и выживании сильнейших также по аналогии с рассуждениями Мальтуса. Психолог Д.Перкинс в книге «Как стать гением» (2003) пишет: «К тому же выводу в 1858 г. пришел и Альфред Рассел Уоллес, причем, как и Дарвин, он сделал свои выводы по прочтении заметок Мальтуса, который, таким образом, забил два гола в одни ворота. Уоллес познакомился с идеями Мальтуса несколькими годами раньше, но ему потребовалось время, чтобы переварить прочитанное» (Перкинс, 2003, с.19). Аргументация Д.Перкинса совпадает с доводами С.Резника, который в книге «Раскрывшаяся тайна бытия» (1976) отмечает: «Лишенный возможности совершать экскурсии, Уоллес размышлял на различные темы, и неожиданно вспомнил книгу, которую читал двенадцать лет назад. То была широко известная работа священника англиканской церкви Томаса Мальтуса «О законе народонаселения» (Резник, 1976, с.21). «Закон народонаселения, - поясняет С.Резник, - состоял в том, что люди размножаются слишком быстро – в геометрической прогрессии, тогда как продукты питания увеличиваются только в арифметической. Отсюда и выходило, что бедствия, посылаемые всевышним, благодетельны для рода людского, ибо они сдерживают рост населения. Уоллес не был экономистом и не знал, сколь быстро увеличивается продукция сельскохозяйственного производства. Но ему пришло в голову перенести рассуждения Мальтуса на мир живой природы» (там же, с.21). Уоллес рассказывает, как он пришел к уже описанной аналогии: «Как и Дарвина, идея осенила меня внезапно, интуитивно, в течение нескольких часов я продумал ее до конца, быстро набросал ее, сделав краткий очерк различных применений и развития ее, как это мне пришло в голову в тот момент, затем начисто переписал на листках почтовой бумаги и отослал Дарвину...» (Резник, 1976, с.32).

**18) Аналогия Теодора Шванна.** Выдающийся немецкий биолог Теодор Шванн (1839) выдвинул гипотезу о клеточном строении тканей животных по аналогии с клеточным строением растительных тканей. Основанием для проведения данной аналогии послужило наличие у растительных клеток ядра, похожего на те ядра, которые Т.Шванн наблюдал в «пузырьках» тканей высокоорганизованных животных. Если в структурах животных тканей, рассуждал Т.Шванн, имеются такие же ядра, как в клетках растений, то эти структуры должны быть клетками подобно клеткам растений. М.Б.Беркинблит и Е.Г.Глаголева в книге «Электричество в живых организмах» (1988) пишут: «В 30-е годы XIX века в Берлинском университете работали два молодых ученых – М.Шлейден и Т.Шванн. Ботаник Шлейден при одной из встреч рассказал своему приятелю зоологу Шванну, что, оказывается, во всех клетках растений имеются ядра, и они играют важную роль в жизнедеятельности клеток. Тогда зоологу Шванну пришло в голову, что «пузырьки», которые он видел в тканях животных и которые клетками не считали, потому что они не отделяются друг от друга

хорошо видимыми стенками, как у растений, на самом деле, вероятно, и есть настоящие клетки – ведь у них тоже имеются ядра!» (Беркинблит, Глаголева, 1988, с.33). В.Р.Богданов в статье «От цитобласта до генома (к 170-летию создания клеточной теории)» (журнал «Медицина в Кузбассе», 2007, № 3) цитирует Шванна: «Однажды, когда я обедал с г.Шлейденом, этот знаменитый ботаник указал мне на важную роль, которую ядро играет в развитии растительных клеток. Я тотчас же припомнил, что видел подобный же орган в клетках спинной струны, и в тот же момент понял крайнюю важность, которую будет иметь мое открытие, если я сумею показать, что в клетках спинной струны это ядро играет ту же роль, как и ядро растений в развитии их клеток. В самом деле, в силу идентичности столь характерных феноменов фактор, производящий клетки спинной струны, не может быть отличен от того, который вызывает зарождение растительных клеток... Я пригласил г.Шлейдена в анатомический театр, где я показал ему ядро клеток спинной струны. Он тотчас установил сходство с ядрами растений» (цит. по: Богданов, 2007, с.5). Отметим, что здесь Шванн говорит о спинной струне головастика – зачатке лягушиного спинного мозга. Первая статья Шванна по этой теме так и называлась: «Об аналогии в структуре и росте животных и растений» (1838).

**19) Аналогия Грегора Менделя.** Грегор Мендель (1865) пришел к идее о том, что законы, управляющие элементарными носителями наследственности, которые впоследствии получили название генов, являются вероятностными законами, по аналогии с работами Г.Кетле по социальной статистике, в которых демонстрировалось вероятностное описание явлений. Указанная идея позволила Г.Менделю открыть статистические законы наследственности при скрещивании чистых линий гороха. В книге «Философия и методология науки» (1996) историк науки В.И.Купцов пишет: «...Г.Мендель предположил, что законы, управляющие элементарными носителями наследственности, суть вероятностные законы. Для 1865 г., в котором он опубликовал свое открытие, это была очень новая идея. Ведь именно в то время вероятностные представления начали вводиться в физику. Чуть раньше – в 30-х годах – вероятностное описание явлений действительности вошло в культуру благодаря работам Г.Кетле по социальной статистике. Г.Мендель заимствовал идеи вероятностного описания именно из социальной статистики» («Философия и методология науки», 1996, с.269). В.И.Купцов подчеркивает: «...Особенно показательна идея вероятностного характера законов наследственности. Она была заимствована Г.Менделем из социальной статистики, которая благодаря, прежде всего, работам Г.Кетле, привлекала в то время к себе всеобщее внимание» (там же, с.272). Интересно, что работы Г.Кетле по социальной статистике оказали влияние и на Д.Максвелла, внесшего весомый вклад в создание статистической теории газа. Следовательно, закон Д.Максвелла о статистическом распределении молекул газа по скоростям опирался не только на аналогию с законом К.Гаусса о распределении ошибок, но и на аналогию с работами Г.Кетле. И.Пригожин и И.Стенгерс в книге «Порядок из хаоса» (2005) отмечают: «В самой идее о том, что вероятность могла бы играть определенную роль в описании сложных явлений, ничего удивительного не было: у Максвелла она, по-видимому, зародилась под влиянием трудов Кетле, который первым ввел в социологию понятие «среднего» человека» (И.Пригожин, И.Стенгерс, 2005, с.112).

**20) Аналогия Вильгельма Ру.** Вильгельм Ру (1881) высказал идею о борьбе за существование, происходящей на уровне клеток и частей организма в процессе онтогенеза, по аналогии с борьбой за существование, происходящей в процессе эволюции видов и открытой Ч.Дарвином (1838, 1859). «В 1881 г., - пишет историк биологии Е.В.Вермель, - В.Ру переносит учение Ч.Дарвина о борьбе за существование на борьбу клеток и частей организма в процессе онтогенеза» (Е.М.Вермель, «История учения о клетке», 1970). После Вильгельма Ру такую же аналогию проводил лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1906 год Сантьяго Рамон-и-Кахал, причем он опирался не только на аналогию, но и на результаты экспериментальных исследований различных клеток, в том числе сперматозоидов.

В книге «Автобиография (воспоминания о моей жизни)» (1985) Рамон-и-Кахал вспоминает: «В другой статье я выдвинул, возможно, впервые, концепцию, развитую позже авторитетными представителями в Германии: идею межклеточной конкуренции и борьбы внутри тела. «Кто наберется смелости отрицать, что существует жестокое соперничество среди сперматозоидов: для того чтобы совершить высший акт оплодотворения, они спешат к яйцеклетке тесной толпой. И лишь один из них, наиболее сильный и счастливый, избежит гибели, предназначившей его неудачливым медлительным компаньонам» (Рамон-и-Кахал, 1985, с.89). Впоследствии, изучая в 1890 году эмбриональное развитие нервной системы, Рамон-и-Кахал понял, что не только клетки, но и их элементы (например, отростки нейронов) проходят стадию отбора и элиминации. В той же «Автобиографии» Рамон-и-Кахал говорит о своих эмбриологических исследованиях: «Здесь я натолкнулся на интересный биологический факт. Я заметил, что каждая ветвь, дендритная или аксонная, в процессе развития проходит хаотическую стадию, или стадию проб, в течение которой она посылает наугад отростки, которым суждено исчезнуть. Позднее, когда прибывают афферентные нервные волокна или когда нейроны окончательно сформируются, то остаются только полезные отростки, а бесполезные или первопроходцы адсорбируются. В этом случае природа поступает как садовник, оставляющий здоровые и иссекающий больные побеги» (там же, с.116).

**21) Аналогия Георга Ома.** Автор известного электротехнического «закона Ома» Георг Ом (1843) выдвинул гипотезу о способности человеческого органа слуха разлагать любое сложное звуковое колебание на совокупность простых синусоидальных составляющих, руководствуясь аналогией с математическими исследованиями французского математика Жана Батиста Фурье (1822). В начале 19 века Фурье разработал оригинальную математическую теорию, согласно которой любая периодическая функция может быть представлена в виде суммы ряда простых синусоидальных составляющих, причем эти составляющие имеют периоды (частоты), кратные основной частоте. Результат, полученный Фурье, в свое время удивил даже Лапласа, который не хотел в него верить. Вот по аналогии с этим результатом Г.Ом и пришел к заключению, что человеческое ухо способно осуществлять частотный «Фурье-анализ». В.И.Шостак в книге «Природа наших ощущений» (1983) пишет: «Еще в начале прошлого века выдающийся французский математик Жан Батист Фурье разработал оригинальный математический метод, позволяющий любую периодическую функцию представить в виде суммы ряда синусоидальных составляющих (ряда Фурье). Строгими математическими методами доказывалось, что эти составляющие имеют периоды, равные  $T$ ,  $T/2$ ,  $T/3$  и т.д., или, иначе говоря, имеют частоты, кратные основной частоте. И немецкий физик Г.С.Ом (которого все очень хорошо знают по его закону в электротехнике) в 1847 г. выдвинул идею, что в кортиевоом органе происходит именно такое разложение. Так появился еще один закон Ома, который отражает очень важный механизм звуковосприятия» (Шостак, 1983, с.55). Об этом же пишет А.В.Лебединский и другие авторы в книге «Гельмгольц» (1966): «Еще в 1822 г. французский математик Ж.Б.Фурье в своей знаменитой работе «Аналитическая теория тепла» показал, что любое заданное периодическое движение может быть разложено на сумму простых синусоидальных колебаний с частотами, кратными наименьшему. Воспользовавшись результатами Фурье для анализа звуков, Г.Ом в 1843 г. пришел к выводу, что ухо воспринимает в качестве простого тона только звук, вызванный простым синусоидальным колебанием. Остальные звуки являются сложными и их можно разлагать на простые тоны, соответствующие отдельным членам разложения Фурье» (Лебединский и др., 1966, с.93).

**22) Аналогия Германа Гельмгольца.** Г.Гельмгольц независимо от Г.Ома пришел к выводу о способности человеческого уха производить частотный анализ, следуя той же аналогии – аналогии с идеей Фурье о том, что любое сложное колебание может быть представлено в виде суммы гармонических колебаний. А.В.Лебединский в книге «Гельмгольц» (1966) отмечает: «...Ухо обладает возможностью производить частотный анализ. Каков же механизм этого

анализа? Ответ на этот вопрос, по сути, и является теорией периферического слуха. В поисках решения Гельмгольц обращается к математическому аппарату исследования колебательных процессов. Такой аппарат был предложен и разработан выдающимся французским математиком Фурье, сформулировавшим теорию, что любое сложное колебание может быть представлено в виде суммы гармонических синусоидальных колебаний (разложение Фурье). На основании этого делается предположение, что ухо человека, возможно, обладает способностью производить разложение Фурье, т.е. разбивать любые сложные звуковые колебания на составляющие его простые тоны» (Лебединский, 1966, с.266).

**23) Аналогия Германа Гельмгольца.** Г.Гельмгольц (1863) объяснил в своей резонансной теории слуха механизм восприятия звуковых волн нашими органами слуха по аналогии с механизмом звучания музыкального инструмента – арфы. С.Л.Рубинштейн в книге «Основы общей психологии» (2007) указывает: «Из большого числа различных теорий слуха наиболее прочное положение занимает резонансная теория слуха, выдвинутая Г.Гельмгольцем. Согласно этой теории, основным органом слуха является улитка, функционирующая как набор резонаторов, с помощью которых сложные звуки могут быть разложены на парциальные тоны. Отдельные волокна основной мембраны являются как бы струнами, настроенными на различные тоны в пределах от нижней до верхней границы слуха. Гельмгольц сравнил их со струнами музыкального инструмента – арфы. Более короткие волокна, лежащие у основания улитки, должны воспринимать высокие ноты; более длинные волокна, находящиеся у вершины ее, – низкие» (Рубинштейн, 2007, с.209). Об этой же аналогии пишет В.И.Шостакович в книге «Природа наших ощущений» (1983): «Впервые (1863) весьма убедительное толкование процессов во внутреннем ухе представил немецкий физиолог Г.Гельмгольц, разработавший так называемую резонансную теорию. Он обратил внимание, что основную мембрану улитки образуют волокна, идущие в поперечном направлении. Длина таких волокон увеличивается к вершине улитки. Отсюда понятна аналогия работы этого органа с арфой, у которой различная тональность достигается разной длиной струн. По представлению Гельмгольца, при воздействии звуковых колебаний вступает в резонанс какое-то определенное волокно, ответственное за восприятие данной частоты» (Шостакович, 1983, с.51). Хотя резонансная теория слуха Гельмгольца не выдержала проверку временем, сама идея о важном значении резонанса в органах слуха оказалась продуктивной.

**24) Аналогия Ивана Сеченова.** Открыв явление центрального торможения в мозге, то есть эффект торможения сгибательных рефлексов лягушки при химическом раздражении среднего мозга, И.М.Сеченов (1862) объяснил природу этого торможения по аналогии с трактовкой тормозного влияния блуждающего нерва на сердце, открытого братьями Веберами (1840). Нейрофизиолог А.С.Батуев в книге «Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем» (2005) пишет: «И.М.Сеченов рассматривал центральное торможение как деятельность (возбуждение) специальных тормозных систем по аналогии с хорошо изученными к тому времени тормозными эффектами блуждающего нерва на сердце» (Батуев, 2005, с.212). И.М.Сеченов дал широкое толкование центральному торможению, дополнив его идеей о рефлекторной природе высших психических процессов, в своей известной книге «Рефлексы головного мозга». Позже (1906) Ч.Шеррингтон по аналогии перенесет представление о торможении на деятельность мышц-антагонистов в процессе рефлекторного акта.

**25) Аналогия Ивана Сеченова.** И.М.Сеченов (1891) открыл закон растворения углекислого газа в крови по аналогии с законом растворения соли в растворе другой соли (с законом, уже известным к тому времени). Аналогия осенила его, когда он прочитал статью немецкого химика Бодлендера, подробно описавшего протоколы своих опытов по растворению одних солей в растворах других.



«Само собой разумеется, что возникновение такого человека, объявившего войну всякой рутине, многим пришлось не по вкусу. Как говорится, не велик тот, в кого не бросают грязью. С.П.Боткину пришлось испытать участь всех новаторов: зависть, раздувание ошибок, несправедливые наветы».

М.С.Шойфет о Сергее Боткине

**26) Аналогия Сергея Боткина.** Выдающийся русский врач С.П.Боткин (1832-1889) выдвинул положение, что патологические процессы внутри организма развиваются по рефлекторным нервным путям, по аналогии с учением И.М.Сеченова о том, что анатомо-физиологическим субстратом всех актов человеческой деятельности является механизм рефлекса. Боткин считал, что гуморальная теория патогенеза, основанная Рокитанским, объясняющая возникновение болезни нарушением правильного соотношения соков в организме, а также клеточная теория Вирхова, объясняющая распространение болезни путем ее перехода от клетки к клетке, не вполне справедливы. М.С.Шойфет пишет о Боткине: «Сергей Петрович исходил из учения И.М.Сеченова о том, что анатомо-физиологическим субстратом всех актов человеческой деятельности является механизм рефлекса. Развивая эту теорию, он выдвинул положение, что патологические процессы внутри организма развиваются по рефлекторным нервным путям» (Шойфет, 2006, с.333).

**27) Аналогия Николая Блондло.** Известный французский исследователь Н.Блондло пришел к идее о создании желудочного зонда, то есть способа извлечения вырабатываемого желудком сока, по аналогии с наблюдением хирурга Вильяма Бьюмонта, который в 1825 году описал случай канадского охотника, получившего пулевое ранение в область живота и имевшего в этой области ход, ведущий из желудка наружу. Г.Глязер в книге «Исследователи человеческого тела от Гиппократов до Павлова» (1956) отмечает: «...В 1825 г. к хирургу Вильяму Бьюмонту обратился канадский охотник, раненный пулей в область желудка. Рана зажила, однако образовался ход, ведущий из желудка наружу, т.е. свищ, из которого каплями вытекали вода и молоко, выпитые этим человеком, а затем и сок, выделенный слизистой оболочкой желудка, - тот самый сок, который ученые уже давно намеревались исследовать. Бьюмонт воспользовался представившимся случаем и предпринял соответствующее исследование, благодаря чему его имя вошло в историю медицины. Ученые постарались воссоздать в лабораториях то, что удалось наблюдать Бьюмонту. В начале сороковых годов прошлого века... француз Никола Блондло наложил на желудок животного искусственные свищи - фистулы» (Г.Глязер, 1956).

**28) Аналогия Роберта Коха.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1905 год Роберт Кох (1880) пришел к идее о возможности получения и выращивания чистых культур бактерий на твердых питательных средах, а именно на желатине, руководствуясь аналогией. В частности, Р.Кох действовал по аналогии с исследованиями О.Брефельда (1868), который использовал твердые питательные среды (морковь, картофель, желатину) для выращивания чистых культур грибов. В книге «История микробиологии» (2002) Г.Г.Шлегель отмечает: «Публикации, посвященные методам исследования, которые мы связываем с именем Роберта Коха, последовали сразу после переезда Коха в Берлин в июле 1880 года. В его первом сообщении, появившемся в кайзеровской службе здравоохранения, речь шла о методах изучения патогенных организмов. В ней были описаны чистые культуры, полученные на твердых питательных средах. Следует принять во внимание, что Кох знал о работах Оскара Брефельда о применении желатиновых питательных сред (для выращивания), а также об опытах Иозефа Шретера по получению колоний *Serratia marcescens* на ломтиках

картофеля. Однако в то время ни Шретер, ни Кон не знали о преимуществах твердых питательных сред для выращивания чистых культур бактерий» (Шлегель, 2002, с.60). Чуть позже Р.Кох (1882) стал применять в качестве твердых питательных сред агар-агар, причем мысль об этом у него возникла по аналогии с опытом домашних хозяек. Г.Г.Шлегель указывает: «Применение агара для приготовления твердых сред является заслугой Фани Ангелины Альшемиус, уроженки Нью-Йорка, жены Вальтера Гессе (1880). Из своего опыта домашней хозяйки она знала, как можно с помощью агар-агара сделать желе твердым и использовать его вместо желатина. Благодаря В.Гессе появились новшества в работе Коха (1882). Если бы Кох знал о «Поваренной книге для обычной и изысканной кухни» Дэвидиса (1873), в которой рекомендовался агар-агар «как связывающее средство», то желатиновые среды давно были бы заменены на агаровые!» (Шлегель, 2002, с.50). В другом месте Шлегель детализирует историю открытия агар-агаровых питательных сред для бактерий: «Ангелина Гессе знала от своих нидерландских родственников, а также как учащаяся курсов по домашнему хозяйству, что для приготовления желе используется агар-агар, и предложила его как альтернативу желатине. В.Гессе сразу же использовал новый материал для питательных сред и сообщил об этом Коху, который коротко упомянул об агаре в заметке о туберкулезной бацилле в 1882 году, но не сообщил об источнике полученных сведений» (там же, с.234). Таким образом, Р.Кох изобрел метод выращивания чистых колоний бактерий в желатине по аналогии с культивированием плесневых грибов в том же желатине в работах О.Брефельда, а способ выращивания микробов на поверхности агар-агара он разработал в результате переноса в бактериологию сведений из опыта домашних хозяек.



«Великий ученый, смерть которого мы теперь оплакиваем, еще при жизни своей оказал такое влияние на практические стороны человеческой деятельности, какого, конечно, не оказывал еще ни один человек за всю историю цивилизации. В трех самых древних из человеческих искусств его деятельность вызвала переворот».

К.А.Тимирязев о Луи Пастере

**29) Аналогия Луи Пастера.** Луи Пастер (1822, 1895) пришел к выводу о возможности лечить различные микробные болезни людей путем заражения их ослабленными возбудителями этих болезней по аналогии с идеей Эдуарда Дженнера (1749-1823) о возможности лечить оспу людей путем заражения их возбудителями коровьей оспы. Дженнер еще в 1798 году установил, что человека можно иммунизировать против оспы, привив ему безвредную и слабую коровью оспу. В книге С.А.Блинкина «Очерки о естествознании» (1979) И.И.Мечников пишет о Пастере: «Под влиянием преследовавшей его мысли о предотвращении заразных болезней ему пришло в голову, не смогут ли такие незаразные бактерии сыграть роль, подобную коровьей оспе, которая так хорошо предохраняет от настоящей человеческой оспы. Он составил целый план опытов, в результате которых был ошарашивлен подтверждением своего предположения» (Блинкин, 1979, с.85). Т.С.Сорокина в книге «История медицины» (2005) подчеркивает ту же аналогию: «Познакомившись с работами Э.Дженнера по оспе, Пастер был потрясен фактом продолжительной невосприимчивости к болезни после заболевания или вакцинации. Более того, он понял, что метод вакцинации можно применить и к другим инфекционным заболеваниям. В то время Пастер изучал куриную холеру, от которой во Франции погибало до 90% всех заболевших кур. В июне 1879 г., отправляясь на отдых в Арбуа, Пастер забыл в термостате одну из разводов куриной холеры, которая простояла там без пересева в течение всего летнего отпуска. Это была «счастливая случайность», которая «выпадает лишь на долю

подготовленных умов». Вернувшись в Париж, Пастер продолжил свои эксперименты по заражению куриной холерой, однако куры не заболели – культура, простоявшая в термостате, казалась «бесплодной» (Сорокина, 2005, с.363). «Куриная холера, - поясняет Т.С.Сорокина, - стала первым инфекционным заболеванием, на модели которого Пастер впервые сделал экспериментально обоснованный вывод: «первое заболевание предохраняет от последующего. Отсутствие рецидива инфекционной болезни после прививки он определил как «иммунитет». (...) Сравнивая свои результаты с работами Дженнера, Пастер увидел аналогию между ослабленным штаммом куриной холеры в своем эксперименте и вакциной Дженнера. И он счел исторически верным применить дженнеровский термин «вакцина» к любому аттенуированному (ослабленному) возбудителю...» (там же, с.364). Также Пастер индуктивно опирался на результаты наблюдения за поведением коров. Однажды Пастер впрыснул сильную культуру сибирской язвы корове, которая уже переболела сибирской язвой в легкой форме. При этом зараженная корова осталась жива. «Пастер, - пишет Поль де Крюи, - тут же сделал один из своих быстрых выводов: если корова однажды болела «сибиркой» и поправилась, то после этого все сибиреязвенные микробы, вместе взятые, ничего уже не могут ей сделать – она иммунизирована. Эта мысль глубоко запала ему в душу и с тех пор не оставляла его ни на минуту...» (П.де Крюи, «Охотники за микробами», 2006).

**30) Аналогия Вальтера Рида.** Известный бактериолог Вальтер Рид (1900) пришел к выводу, что переносчиком болезни, называемой желтой лихорадкой, является комар (москит), передающий данную болезнь через укус, по аналогии с источником малярии. Как известно, Рональд Росс (1898) установил, что причиной малярии является укус комара определенного вида. Одним из оснований для проведения такой аналогии было следующее обстоятельство: как правило, требуется двухнедельный срок для развития заразы в каком-нибудь насекомом, переносящем желтую лихорадку. Так же и при малярии требуется две-три недели для того, чтобы москит сделался опасным. Вот что Поль де Крюи пишет о Риде: «Вспомним малярию, - говорил Рид Рэзире и Кэрролю. – При этой болезни требуется две-три недели для того, чтобы москит сделался опасным. Может быть, и здесь то же самое?» (П.де Крюи, «Охотники за микробами», 2006).

**31) Аналогия Вальтера Рида.** Вальтер Рид выдвинул гипотезу о том, что источником желтой лихорадки является не бактерия, которую можно обнаружить в микроскоп, а вирус, который по размерам намного меньше бактерии, основываясь на аналогии с исследованиями Ф.Лефлера. Последний установил субмикроскопическую природу возбудителя ящура, которым нередко заболевают телята. Поль де Крюи отмечает, что основанием для такой аналогии послужили неудачные попытки увидеть возбудителя желтой лихорадки в микроскоп: «Первым подвигом комиссии стала неудачная попытка найти какого бы то ни было микроба в первых обследованных ею восемнадцати случаях желтой лихорадки» (П.де Крюи, «Охотники за микробами», 2006). Позже В.Рид попросил Д.Кэрроля индуктивно проверить гипотезу о наличии вирусов желтой лихорадки, используя фарфоровый фильтр, сквозь который не проходят бактерии, но просачиваются вирусы. «Каким-то необъяснимым способом, - пишет Крюи о Д.Кэрроле, - он достал себе отменной желтолихорадочной крови и пропустил ее через фарфоровый фильтр, настолько тонкий, что ни один видимый микроб не мог сквозь него пройти. Отфильтрованную жидкость он впрыснул под кожу трем «свежим» иммигрантам (история умалчивает, как он убедил их согласиться на это), и – уррра! – двое из них заболели лихорадкой. Значит, желтая лихорадка похожа на лефлеровскую болезнь телят!» (П.де Крюи, 2006).

**32) Аналогия Джозефа Листера.** Основатель асептики и антисептики, разработавший метод борьбы с инфекциями, возникающими у людей после хирургической операции, Джозеф Листер (1865) пришел к мысли о том, что гибель некоторых женщин при родах вызывается микробами, определяющими процессы гниения ран, по аналогии с утверждением Луи

Пастера (1863) о том, что гниение продуктов вызывается живыми ферментами. Если микробы являются возбудителями гниения продуктов, рассуждал Листер, то не они ли вызывают столь частое нагноение ран после операции? Эта аналогия позволила ему впоследствии обнаружить дезинфицирующее свойство карболовой кислоты (раствора фенола). Историк биологии Д.С.Саркисов в книге «Очерки истории общей патологии» (1993) пишет: «Многие читали статью Л.Пастера «Исследования о гниении» до того, как на нее случайно обратил внимание Д.Листер, но только он, внутренне уже убежденный в том, что причиной нагноений в хирургической клинике являются мельчайшие живые организмы, и уже ряд лет упорно работающий в этом направлении, оценил эту статью, понял, что он находится на верном пути, а вскоре после этого создал свое великое учение об антисептике. Вот выразительное описание этого эпизода Д.Мастерсом в книге «Победа над болезнями»: «Как-то, сидя у себя в кабинете, в начале января 1865 г., Листер стал перелистывать еженедельные бюллетени Французской Академии. Дойдя до выпуска от 29 июня 1863 г., он обратил внимание на статью, озаглавленную «Исследования о гниении». Он начал читать ее, пробегая страницы французского текста, с такой же быстротой, как если бы книга была написана по-английски. Просмотрев небольшую часть статьи, он наткнулся на слова: «Гниение вызывается живыми ферментами». Он остановился. Он понял все значение этой фразы и с волнением стал читать дальше. Когда он кончил чтение, в его возбужденном мозгу явился ряд идей. Он нашел ключ к загадке. Пастер, чью статью он только что прочел, дал ему его в руки» (цит. по: Саркисов, 1993, с.433). Об этой аналогии Д.Листера пишет также В.А.Фролов в книге «Опередивший время» (1980). «...В 1861 году, - говорит В.А.Фролов о Пастере, - он открывает и представляет на всеобщее обозрение одного из возбудителей бродильного процесса. Своим исследованием Пастер утвердил представление о микробах как о разрушителях органических веществ. Великий английский хирург Джозеф Листер тут же перекинул «мостик» от бродильных процессов в чане с вином до раневой инфекции и предложил обрабатывать карболкой как руки хирурга и операционный материал, так и саму рану, сразу же сократив этим в несколько раз количество нагноений ран» (Фролов, 1980, с.165).

**33) Аналогия Джозефа Листера.** Джозеф Листер (1827-1912) пришел к мысли об использовании нафталина в качестве антисептического средства в хирургии по аналогии с фактом способности нафталина убивать вредных насекомых. Этот факт обнаружил сам Листер. В свою очередь, Д.Листер применил карболовую кислоту в качестве антисептического средства при лечении сложных переломов по аналогии с применением этой кислоты для очистки сточных вод. Историк медицины М.С.Шойфет в книге «100 великих врачей» (2006) пишет: «Листер решил оградить раны от патогенных микробов, чтобы избавиться от «больничной инфекции». Друг Листера Андерсен, знакомый с трудами Пастера, доставил ему образец сырой карболовой кислоты, которая применялась для дезинфекции сточных вод. Листер применил ее в лечении сложных переломов» (Шойфет, 2006, с.304).



«Его труды выдвинули русскую хирургию на одно из первых мест в мире. Уже в первые годы научно-педагогической и практической деятельности он гармонично сочетал теорию и практику, широко используя экспериментальный метод с целью выяснения ряда клинически важных вопросов. Практическую работу он строил на основе тщательных анатомических и физиологических изысканий».

М.С.Шойфет о Николае Пирогове

**34) Аналогия Николая Пирогова.** Н.И.Пирогов (1852) пришел к идее о лечении переломов костей с помощью гипса по аналогии с использованием гипса скульпторами.

В.Порудоминский в книге «Пирогов» (1965) пишет: «Случайный эпизод, конечно, может навести на мысль. Однако большей частью он лишь катализатор – ускоряет, подталкивает развитие идеи. Он запоминается. «Почти за ½ года до осады Севастополя, - вспоминает Пирогов, - в первый раз увидел у одного скульптора действие гипсового раствора на полотно. Я догадался, что это можно применить в хирургии, и тотчас же наложил бинты и полоски холста, намоченные этим раствором, на сложный перелом голени» (В.Порудоминский, 1965). Об этом же пишет И.С.Захаров в книге «Николай Иванович Пирогов: хирург, педагог, реформатор» (1997): «У знакомого скульптора А.Н.Степанова Николай Иванович однажды наблюдал действие раствора горячего гипса на полотно. Пропитанное алебастром, оно совершенно затвердело. Пирогов тут же обработал таким способом несколько полосок ткани, затем марлю. Результат получился превосходным: после погружения бинтов в горячий раствор гипса слои удобно накладывались, а затем, высохнув, образовали прочную коробку» (И.С.Захаров, 1997).

**35) Аналогия Николая Пирогова.** Н.И.Пирогов разработал метод исследования анатомии фасций человеческого тела на замороженном трупe по аналогии с интересным опытом, проведенным анатомом Буяльским в академии: на замороженном трупe, которому придали красивую позу, Буяльский обнажил мышцы. Скульпторы изготовили форму и отлили бронзовую фигуру – по ней будущие художники изучали мускулатуру тела. Кроме того, Пирогов руководствовался аналогией с особенностями распилов замороженных свиных туш, которые он наблюдал на одном из рынков Петербурга. Д.К.Самин в книге «100 великих ученых» (2002): «Как-то, проходя по рынку, Пирогов увидел, как мясники распиливают на части коровьи туши. Ученый обратил на то, что на срезе хорошо видно расположение внутренних органов. Через некоторое время он испробовал этот способ в анатомическом театре, распиливая специальной пилой замороженные трупы. Сам Пирогов это называл «ледяной анатомией». Так родилась новая медицинская дисциплина – топографическая анатомия. С помощью изготовленных подобным образом распилов Пирогов составил первый анатомический атлас, ставший незаменимым руководством для врачей-хирургов» (Самин, 2002, с.251). В книге «100 великих научных открытий» (2006) Д.К.Самин вновь указывает на картину распиленных туш, увиденную Пироговым на рынке и послужившую одной из подсказок его идеи: «Существует легенда, связывающая случайный эпизод из жизни Пирогова с идеей, которая повернула на новый путь всю анатомическую науку. «Мы, люди обыкновенные, - пишет один из приверженцев Пирогова, - проходим без внимания мимо того предмета, который в голове гениального человека рождает творческую мысль; так и Николай Иванович, проезжая по Сенной площади, где зимой обыкновенно были расставлены рассеченные поперек замороженные свиные туши, обратил на них особое внимание и стал применять замеченное к делу». И действительно, есть связь между распиленными тушами на Сенной площади и новым направлением в анатомических исследованиях» (Самин, 2006, с.345).

**36) Аналогия Лудимара Германа.** Л.Герман (1879) приблизился к правильному математическому описанию процесса распространения нервного импульса, когда провел аналогию между этим процессом и горением бикфордова шнура. А.Т.Филиппов в книге «Многоликий солитон» (1990) констатирует: «В 1879 г. ученик Дюбуа-Реймона немецкий физиолог Лудимар Герман очень близко подошел к современным представлениям о математическом описании нервного импульса. Он уподобил его распространение горению бикфордова шнура. Для заданного шнура скорость и форма бегущей по нему уединенной волны горения, очевидно, постоянны... Позднее Герман предложил более реальную модель, уподобив нерв телефонному кабелю, в котором, однако, волны должны взаимодействовать нелинейно» (Филиппов, 1990, с.59). Независимо от Л.Германа первооткрыватель феномена центрального торможения в мозге И.М.Сеченов также отождествлял возбуждение нервной ткани с явлением химического взрыва. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в

физиологии нервного процесса» (2003) пишет: «Стоит вспомнить, что еще Сеченов говорил об аналогии возбуждения со взрывом. Если перед нами взрывное разложение какого-то вещества, то рефрактерная фаза аналогична фазе перезарядки пулемета между двумя выстрелами» (Бернштейн, 2003, с.16).

**37) Аналогия Ильи Мечникова.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1908 год Илья Мечников (1882) сформулировал мысль о способности живых клеток поглощать и уничтожать чужеродные вещества по аналогии с фактом существования внутриклеточного пищеварения у ряда организмов, не имеющих полноценной пищеварительной системы. Этот факт был открыт Мечниковым в 1865 г. Эта аналогия позволила ему в дальнейшем создать теорию фагоцитоза, то есть клеточную теорию иммунитета. Первоначально Мечников обнаружил у ряда животных внутриклеточное пищеварение и пришел к заключению, что первичный многоклеточный организм мог существовать и без наличия пищеварительной полости, за счет внутриклеточного пищеварения. Далее Мечников провел гениальную аналогию: не только в физиологии, но и в патологии процесс внутриклеточного пищеварения должен играть важнейшую роль. Историк биологии Д.С.Саркисов в книге «Очерки истории общей патологии» (1993) описывает путь Мечникова к концепции фагоцитоза: «Исследования, приведшие к этой концепции, были начаты И.И.Мечниковым в 1865 г. в Гиссене, где он изучал реснитчатого червя и обнаружил, что пищеварение у червей происходит внутриклеточно, как у простейших животных, а не внеклеточно в специальной пищеварительной полости, как у высших животных» (Саркисов, 1993, с.74). «В 1882 г., то есть спустя 17 лет, в течение которых продолжались эти исследования, - поясняет Д.С.Саркисов, - у И.И.Мечникова созрела гипотеза о роли внутриклеточного пищеварения в защите организма от микробов» (там же, с.75).

**38) Аналогия Ильи Мечникова.** Догадка И.Мечникова о том, что причиной старения и смерти животных и человека является медленное пожирание фагоцитами (клетками иммунитета) клеток собственных органов, возникла у него по аналогии с фагоцитарным пожиранием чужеродных белков. Если способность организма бороться с болезнями, рассуждал Мечников, обусловлена противостоянием фагоцитов и антигенов, то почему бы не предположить, что способность организма стареть и умирать обусловлена противостоянием фагоцитов и клеток собственных тканей. В настоящее время ученые признают, что в процессе старения в работе фагоцитов накапливаются ошибки, и они действительно могут поражать собственные белки и клетки. Это является одним из механизмов старения (М.М.Виленик, «Биологические основы старения и долголетия», 1987). Позже иммунная теория старения получила развитие благодаря двум открытиям. Как пишет известный биолог Л.Хейфлик, «первое заключается в том, что с возрастом способность иммунной системы производить антитела необходимой интенсивности действия и в необходимых количествах падает. Второе гласит, что в процессе старения иммунная система ошибочно начинает производить антитела, направленные на уничтожение своих же собственных протеинов» (Л.Хейфлик, «Как и почему мы стареем?», 1999).

**39) Аналогия Ильи Мечникова.** И.Мечников выдвинул гипотезу о существовании ферментов, с помощью которых фагоциты переваривают чужеродные вещества, попавшие в организм, по аналогии с существованием ферментов, с помощью которых желудок переваривает пищу. В.А.Фролов в книге «Опередивший время» (1980) отмечает: «Анализируя поведение своих «милых фагоцитов», Мечников предположил, что в них должны быть какие-то комплексы переваривающих ферментов, которые он назвал «цитазами». Он не мог выделить эти цитазы – тогдашние биохимические методы этого не позволяли. Но он доказал явление внутриклеточного пищеварения, он видел, как фагоциты переваривают бактерий, и поэтому с основанием предположил существование цитаз» (Фролов, 1980, с.76).

**40) Аналогия Джона Джексона.** Английский невропатолог Джон Хьюлинг Джексон (1835-1901) пришел к выводу, что в процессе эволюции происходил переход от автоматических движений, контролируемых древними мозговыми центрами движений, к произвольным движениям, контролируемым новой корой, по аналогии со своей идеей, согласно которой в мозге имеется несколько уровней регуляции движений. Нижележащие (древние) отделы коры мозга отвечают за автоматические двигательные акты, а вышележащие (современные) отделы отвечают за произвольные двигательные акты. Г.Шеперд в книге «Нейробиология» (1987) пишет о Джексоне: «Одним из главных предметов его исследований были эпилептические припадки, в частности, затрагивающие лишь отдельные группы мышц и позднее названные по его имени джексоновской эпилепсией. Изучение таких явлений имело для Джексона особый трагический смысл: его глубокие выводы были основаны на наблюдениях над женой, которая страдала такими припадками и погибла в молодом возрасте от тромбоза сосудов головного мозга. Исследуя двигательные нарушения, возникающие при эпилептических припадках, Джексон пришел к убеждению, что имеется несколько последовательных уровней регуляции движений. Отсюда он сделал вывод, что в процессе эволюции происходил переход от автоматических движений к произвольным и что это нашло отражение в организации нервной системы: за автоматические движения ответственны нижележащие центры, а за произвольные - вышележащие» (Шеперд, 1987, том 2, с.96). «Представления Джексона, - пишет Шеперд, - оказали влияние на все последующие работы в данной области, и даже сегодня они лежат в основе плодотворного эволюционного подхода к изучению организации двигательных систем» (там же, с.97).

**41) Аналогия Климента Аркадьевича Тимирязева.** К.А.Тимирязев сделал предположение о том, что хлорофилл является химическим фотосенсибилизатором, который передает другим молекулам хлоропласта поглощенную энергию света и сам участвует в реакции фотосинтеза, по аналогии с исследованиями немецкого ученого Г.К.Фогеля. Этот ученый открыл, что некоторые окрашенные, поглощающие видимый свет вещества способны передавать энергию поглощенных лучей другим, бесцветным телам, вызывая в них фотохимические реакции. Фогель назвал такие вещества фотосенсибилизаторами (С.П.Ландау-Тылкина, «К.А.Тимирязев», Москва, «Просвещение», 1985).

**42) Аналогия Эжена Дюбуа.** Выдающийся археолог Эжен Дюбуа (1890) пришел к выводу о том, что ближайших предков человека - промежуточное звено между обезьяной и человеком, теоретически предсказанное Э.Геккелем, следует искать на Малайском архипелаге, руководствуясь аналогией. Сравнивая находившиеся в Лейденском музее кости вымерших животных, найденных другими исследователями на берегах рек Малайского архипелага, с костями таких же вымерших видов, обнаруженных в Сивалике, в районе Индии, он обратил внимание на сходство (аналогию) этих костей. Учитывая, что среди костей из района Индии была челюсть сивапитека (древнейшей обезьяны), Э.Дюбуа по аналогии решил, что и на Малайском архипелаге можно будет найти нечто, представляющее ценность для археологии. В.Ларичев в книге «Охотники за черепами» (1971) пишет: «Много лет назад художник Раден Салех, а также другие любители переправили в Европу коллекции костей вымерших животных, которые они отыскивали на берегах рек Малайского архипелага, в частности на Яве. Кости, в конце концов, оказались в Лейденском музее, где их внимательно изучил и описал Мартин. И тут-то выяснилась примечательная деталь – древний животный мир юго-востока Азии оказался во многом сходным с животными, кости которых были найдены Лидеккером в Сивалике вместе с челюстью сивапитека, древнейшей шимпанзе. Для Дюбуа такой оборот дела означал чрезвычайно многое, поскольку теперь более четко вырисовывалась перспектива успешного поиска в Голландской Индии «недостающего звена». Ведь находка на ее территории животных, близких к индийским, позволяла надеяться на удачу в открытии здесь, как в Индии, антропоидов, также предков человека. Условия для жизни их на Суматре и Яве были идеальными: теплые тропики, роскошная растительность,

которая круглый год снабжала обитателей леса обильной и разнообразной пищей...» (В.Ларичев, 1971).



«Как и многие другие естествоиспытатели большого формата, Пауль Эрлих не может быть причислен к какой-либо определенной отрасли знаний. Полистайте его труды (право, это очень интересное занятие!), и вы убедитесь, что он и врач, и химик, и биолог, и фармаколог сразу. И добавим, фигура чрезвычайно колоритная не только в науке».

С.Галактионов

**43) Аналогия Пауля Эрлиха.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине Пауль Эрлих (1890) пришел к идее о возможности убивать микробов определенного вида путем окрашивания этих микробов химическим веществом – красителем по аналогии с возможностью окрашивания живых клеток определенного вида метиленовой синькой. На эту аналогию Эрлих натолкнулся следующим образом. Историк биологии Поль де Крюи в книге «Охотники за микробами» (2006) пишет: «Он взял свою любимую краску, метиленовую синьку, и впрыснул ее в ушную вену кролика; разлившись по кровяному руслу и всему телу животного, эта краска окрасила в голубой цвет одни только его чувствительные нервные окончания и больше ничего. Как странно!» (Де Крюи, 2006, с.340). Крюи продолжает: «Если есть такая краска, - фантазировал он, - которая окрашивает одну только ткань из всех тканей живого организма, то, несомненно, должна быть и такая, которая отлагается не в тканях, а окрашивает и убивает микробов, нападающих на организм. Пятнадцать с лишним лет он об этом мечтал, пока ему удалось, наконец, этого добиться» (там же, с.341). Об этой же аналогии пишет Г.Глязер в книге «О мышлении в медицине» (1969): «Он решил, что нужно найти вещества, которые прикрепляются к возбудителям болезни, связывают их и тем самым препятствуют им наносить вред организму. К таким представлениям его привела аналогия с окраской. Эрлих уже давно занимался вопросом об окраске и разработал собственные методы, которыми он пользовался при гистологических исследованиях» (Глязер, 1969, с.98). Наконец, об этой же аналогии говорит М.С.Шойфет в книге «100 великих врачей» (2006): «Молодым студентом, еще только приступившим к изучению клинической медицины, он прочитал работу об отравлении свинцом, которая его сильно заинтересовала. В ней говорилось, что при отравлениях свинец собирается главным образом в определенных органах, что легко доказать химически; следовательно, существует сродство между тканью и посторонним веществом. Это было отправной точкой для химиотерапевтического прозрения Эрлиха. Он решил, что нужно найти вещества, которые прикрепляются к возбудителям болезни, их связывают и тем самым им препятствуют наносить вред организму. К таким представлениям его привела аналогия с краской, которая пристает к волокнам тканей и таким образом окрашивает материю, так же она пристает к бактериям и тем самым убивает их» (Шойфет, 2006, с.428).

**44) Аналогия Пауля Эрлиха.** Пауль Эрлих (1899, 1908) создал теорию боковых цепей, согласно которой способность иммунологических веществ (антител) защищать организм от различных болезнетворных микробов определяется наличием у этих веществ группировок атомов, соединяющихся с антигенами и нейтрализующих их, руководствуясь несколькими аналогиями. Во-первых, П.Эрлих отталкивался от аналогии с хромофорной теорией О.Витта (1876), в соответствии с которой окраску органических соединений обеспечивают особые группы молекул и атомов. А.Н.Шамин в книге «История биологической химии. Институционализация биохимии» (2006) отмечает: «...В 1869 г. К.Гребе и К.Либерман впервые изучили зависимость между цветом и строением органических красителей, а в 1876

г. О.Витт предложил хромофорную теорию, в соответствии с которой окраску органических соединений обеспечивали особые группы. Этими идеями воспользовался П.Эрлих, объяснив специфические реакции окрашивания солеобразным соединением хромофорных группировок с локализованным в клетке веществом. Эрлих полагал, что красители – носители хромофоров являются либо кислотами, либо основаниями, либо нейтральными соединениями. В соответствии с этим он классифицировал красители как базофильные, ацидофильные и нейтрофильные» (Шамин, 2006, с.35). Поль де Крюи в книге «Охотники за микробами» (2006) дает понять, что понятие боковых цепей П.Эрлих перенес из химии красителей в науку о жизни: «Ведь живой человеческий организм – это такая же комбинация бензольных колец с боковыми цепями, как и его краски. И Пауль Эрлих, пренебрегая всеми новейшими физиологическими теориями, создал свою собственную, старомодную и странную физиологическую химию. Если бы он умер в то время в Египте, то, конечно, так бы и остался неудачником. Но он не умер. «Я буду красить живые существа, решил он вдруг. – Химия животного подобна химии моих красок. Если мне удастся окрасить его в живом виде, я смогу многое о нем узнать» (П. де Крюи, 2006, с.340). Во-вторых, вводя теорию боковых цепей в иммунологию, Эрлих отталкивался от аналогии со своими исследованиями роли боковых цепей, представленными в его труде «Потребность организма в кислороде» (1885). В рубрике «Центральный еврейский ресурс» (Интернет) имеется статья «Эрлих Пауль», в которой говорится: «В Берлине Эрлих усовершенствовал методы окраски, распространив их на бактерии и ткани животных. Когда в 1882 г. Роберт Кох объявил об открытии бациллы туберкулеза, Эрлих предложил ему улучшенный метод окраски; в основном этот метод используется и по сей день. Три года спустя Эрлих опубликовал труд «Потребность организма в кислороде», в котором сформулировал теорию боковых цепей деятельности клеток. «Живая протоплазма должна соответствовать гигантской молекуле, взаимодействующей с обычными химическими молекулами так, как солнце с мельчайшими метеоритами, - писал Эрлих. – Мы можем предположить, что в живой протоплазме ядро со специальной структурой отвечает за специфические, свойственные клетке функции и к этому ядру присоединены наподобие боковых цепей атомы и их комплексы» (Интернет). В той же рубрике «Центральный еврейский ресурс» (Интернет) в статье «Пауль Эрлих – ученый, открывший лекарство против сифилиса» указывается: «В 1899 г. Институт разработки и контроля сывороток был расширен и переведен во Франкфурт-на-Майне. В это время Эрлих опубликовал свои окончательные выводы по применению теории боковых цепей в иммунологии. Следуя направлениям, которые он развил в труде по кислородной потребности организмов, Эрлих подчеркивал, что антитела могут вырабатываться не только в результате прямых химических взаимодействий между токсинами (или другими антигенами) и клетками. Поскольку антитела похожи на некоторые питательные вещества, они могут реагировать с рецепторами, расположенными на поверхности клеток. В результате клетки начинают усиленно вырабатывать такие рецепторы, взаимодействующие в крови с токсинами. Следовательно, в роли антител могут выступать рецепторы (или, по терминологии Эрлиха, реактивные боковые цепи) клеток, с которыми взаимодействуют антигены. Теория боковых цепей оказала большое влияние на развитие науки, хотя лишь немногие ученые согласились с ней полностью» (Интернет). В третьих, Эрлих опирался на аналогию с исследованиями Джона Лэнгли, который, изучая случай совместного действия атропина и пилокарпина на препараты тканей, пришел к выводу, что в тканях существуют вещества, способные связываться с атропином и пилокарпином благодаря химическому средству между ними. Указание на эту аналогию можно найти в книге С.Галактионова «Биологически активные» (1988).

**45) Аналогия Альфреда Бине.** Альфред Бине (1888) высказал предположение о том, что нейроны ведут свое происхождение от простейших одноклеточных организмов, основываясь на аналогии (сходстве) многих свойств и структурных особенностей нейронов и одноклеточных организмов. «В 1888 г., - пишет психолог Г.Хант, - один из основателей

психологии Альфред Бине в предисловии к своей книге «Психическая жизнь микроорганизмов» высказал предположение, что нейроны можно было бы считать простейшими организмами, которые стали специализированными для чувствительности, так же как клетки желудка специализированы для функции переваривания и усвоения. Объединяясь у многоклеточных организмов в нейронные сети, способность простейших к чувствительной подвижности становится прямой передачей нейрональных потенциалов действия к другим нейронам и, в конечном итоге, к мышцам» (Г.Хант, «О природе сознания», 2004). В 1988 г. предположение Бине нашло экспериментальное подтверждение в ряде исследований, в которых было показано, что простейшие двигаются в своей среде с помощью тех же самых электрохимических процессов, что задействуются и в импульсной электрической активности нейронов. Поляризация покоя у большинства простейших удивительно близка к отрицательному заряду в 70 микровольт на внутренней мембране нейронов.

**46) Аналогия Нильса Финзена.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1903 год Нильс Финзен (1896) сформулировал идею о возможности лечения людей с помощью света по аналогии со случайным наблюдением за тем, как одна из кошек, имевшая на коже гнойную рану, инстинктивно поворачивала эту рану в сторону солнца по мере его движения по небосводу. Увидев, как кошка лечит себя с помощью солнечного света, Н.Финзен традуктивно заключил, что и людей можно лечить светом. Позже разработанный им метод лечения таких заболеваний, как туберкалез кожи и нагноения при оспе, с помощью красных и ультрафиолетовых лучей получил название светотерапии (фототерапии). С.А.Блинкин в книге «Очерки о естествознании» (1979) отмечает: «Рассказывают о Финзене следующее: однажды он заметил кошку, которая грелась на солнце. С появлением тени кошка снова и снова переходила на солнечную сторону. Ну и что в этом интересного? Все кошки любят греться на солнце, и это особенного внимания к себе обычно не привлекает. Но Финзен, присмотревшись, заметил на коже у кошки гнойную рану, и именно этой стороной кошка поворачивалась к солнцу. Что это, животный инстинкт? Возможно, но не в этом дело. Молодой врач подумал о другом. Не заняться ли изучением физиологического действия света на организм? И действительно, Финзен от анатомии перешел к физиологии. Экспериментальные исследования привели Финзена к идее светолечения. Всего через 6 лет после окончания медицинского факультета Финзен становится директором основанного им в Копенгагене института светолечения. Здесь его исследования получили большой размах» (Блинкин, 1979, с.122). «Для лечения больных, - поясняет С.А.Блинкин, - Финзен создал электродуговую лампу. Аппарат Финзена стал первым искусственным источником света, который получил широкое применение во многих странах мира. Надо было разработать и научные основы светотерапии. Финзен в короткие сроки создает их, став основоположником научно разработанных методов светолечения» (там же, с.122). Об аналогии, которую использовал Н.Финзен, указывается также в статье «Кошка. Ласковый хищник», представленной на сайте «Зооклуб. Мегаэнциклопедия о животных» (Интернет). В этой статье авторы пишут: «Датский ученый Финзен обратил внимание на необычное поведение больного кота, примостившегося на крыше дома. Он сидел на той ее части, которая освещалась солнечными лучами. Как только тень приближалась к нему, он тотчас же переходил на новое место, освещенное солнцем. Такие маневры кот повторил несколько раз подряд. И Финзен задумался. А нельзя ли солнечными лучами лечить людей? Доверившись инстинкту кота, ученый начал эксперименты. Они показали, что благотворное лечебное действие оказывают лучи фиолетовой части спектра. Тогда-то и было предложено использовать ультрафиолетовые лучи в лечебных целях. Эта идея была успешно осуществлена, за что Финзен Нильс Рюберг был удостоен Нобелевской премии» («Мегаэнциклопедия о животных»).

**47) Аналогия Джагадиса Чандры Бозе.** Д.Ч.Бозе (1900) высказал предположение о возможности единой трактовки реакций живых тканей и неживых объектов на различные воздействия, когда заметил аналогию между процессом потери и восстановления чувствительности когерера, с одной стороны, и реакциями живых тканей на различные раздражения, с другой стороны. О.А.Лежнева в статье «Джагадис Чандра Бозе» (УФН, 1959, январь) пишет: «К 1900 г. научные интересы Бозе получили новое направление. Свой блестящий талант физика-экспериментатора он посвятил исследованию труднейших проблем физиологии растений. При этом он был воодушевлен идеей единства природы и старался найти общие черты в реакциях живой и неживой природы на различные воздействия. Эти новые интересы возникли у Бозе при исследовании свойств когереров. Составив цепь из когерера, гальванометра и источника ЭДС, он отмечал увеличение силы тока под действием электромагнитного импульса. Во время этих опытов Бозе столкнулся с явлением усталости. Его поразило сходство процесса потери и восстановления чувствительности когерера с реакциями живых тканей на различные раздражения. Первоначально Бозе правильно объяснял действие когерера как следствие изменения контактной проводимости, т.е. как поверхностный эффект, но затем, получив аналогичные результаты с проволоками, выдвинул гипотезу об изменении внутреннего молекулярного строения металла под действием электромагнитной волны. На Международном Конгрессе физиков в Париже в 1900 г. Бозе выступил с докладом «Об общности молекулярных явлений, производимых электрическими возбудителями в неорганической и живой материи», в котором указал на сходство кривой изменения проводимости ферромагнитного магнетита и кривой сокращения мышцы» (О.А.Лежнева, УФН, 1959). Об этом же пишут в книге «Тайная жизнь растений» (2006) П.Томпкинс и К.Берд, которые называют Бозе как Боше: «В 1899 г. Боше обнаружил странное явление: чувствительность когерера с металлическими опилками для приема радиоволн снижалась при длительном использовании, но восстанавливалась после «отдыха». Это навело его на мысль, что как бы фантастично это ни звучало, металлы устают и восстанавливаются после отдыха, совсем как человек и животные. Дальнейшие исследования все больше убеждали ученого, что граница между так называемыми «неживыми» металлами и «живыми» организмами на самом деле довольно прозрачна. Так Боше в своих исследованиях плавно перешел от физики к физиологии» (Томпкинс, Берд, 2006, с.56).

**48) Аналогия Уолтера Сэттона (Саттона, Сеттона) и Теодора Бовери.** Американский исследователь У.Сэттон и немецкий ученый Т.Бовери (1902) выдвинули предположение о наличии связи между хромосомами и наследственностью, основываясь на параллелизме (анalogии) между закономерностями передачи генов у гороха, расшифрованными Г.Менделем, и поведением хромосомных нитей в момент деления клетки. Г.Мендель называл известные нам сегодня гены факторами. Об этой аналогии Сэттона и Бовери пишут многие авторы. Б.Гуттман, Э.Гриффитс, Д.Сузуки и Т.Куллис в книге «Генетика» (2004) отмечают: «Основные процессы, происходящие при мейозе и митозе, были изучены к концу XIX века. Теперь известно, что это довольно сложный механизм распределения хромосом по дочерним клеткам, но до начала XX века ученые не понимали их биологической роли. И только после повторного открытия законов Менделя в 1900-х годах Теодор Бовери и Уолтер Саттон независимо друг от друга провели аналогию между поведением гипотетических факторов и хромосом при мейозе. В 1902 году они выдвинули хромосомную теорию наследственности, заявив, что наследственные факторы Менделя располагаются на хромосомах» (Гуттман, Гриффитс, Сузуки и Кулис, 2004, с.132). Ф.Айала и Дж.Кайгер в 1-ом томе книги «Современная генетика» (1987) повествуют: «В 1902 г. два исследователя – Вальтер Саттон в США и Теодор Бовери в Германии – независимо друг от друга предположили, что гены расположены в хромосомах, и эта идея положила начало хромосомной теории наследственности. Аргументом в пользу такого предположения был параллелизм в поведении в процессах мейоза и оплодотворения хромосом, с одной стороны, и генов – с другой. Существование двух аллелей данного признака, один из которых наследуется от одного

родителя, а другой – от второго, соответствует существованию двух хромосом, каждая из которых приходит от одного из родителей» (Айала, Кайгер, 1987, с.64). С.Г.Инге-Вечтомов в книге «Генетика с основами селекции» (1989) констатирует: «Параллелизм в поведении генов и хромосом, отмеченный еще У.Сэттоном и Т.Бовери в 1902-1903 гг., послужил обоснованием хромосомной гипотезы, а в дальнейшем – теории наследственности. Согласно этой теории, гены расположены в хромосомах в линейной последовательности и таким образом именно хромосомы представляют собой материальную основу наследственности, т.е. преемственности свойств организмов в ряду поколений» (Инге-Вечтомов, 1989, с.84). В другом месте своей книги С.Г.Инге-Вечтомов вновь подчеркивает аналогию, проведенную У.Сэттоном: «До хромосомной гипотезы оставался один шаг. Его сделал У.Сэттон, обративший внимание на поразительный параллелизм в поведении менделевских факторов и хромосом. Уже после переоткрытия законов Менделя Сэттон в 1903 г. поместил менделевские факторы в хромосомы» (там же, с.12). Наконец, об этом же говорит М.А.Шишкин в статье «Индивидуальное развитие и уроки эволюционизма» (журнал «Онтогенез», 2006, том 37, № 3): «Параллелизм между картиной расхождения и комбинирования гомологичных хромосом и менделевскими законами, продемонстрированный В.Сэттоном и Т.Бовери и взятый на вооружение школой Т.Моргана, был с энтузиазмом воспринят как самоочевидная основа для такого истолкования, как наконец-то найденное объективное подтверждение корпускулярной природы наследственности» (Шишкин, 2006, с.187).

**49) Аналогия Михаила Семеновича Цвета.** Выдающийся русский ученый Михаил Семенович Цвет пришел к идее об использовании физического метода адсорбции для исследования хлорофилла зеленых растений по аналогии с использованием в науке о растениях других физических методов, которые не оказывали химического воздействия на пигменты. В частности, М.С.Цвет по аналогии отталкивался от исследований А.Готье (1879) и К.А.Шенка (1903). Е.М.Сенченкова в книге «М.С.Цвет – создатель хроматографии» (1997) говорит о Цвете: «Не видя больших возможностей для развития метода разделения пигментов при помощи несмешивающихся растворителей, он решил использовать для этой цели другое физическое явление – адсорбцию. Сорбционные явления Цвет усмотрел уже в некоторых используемых ранее физических методах исследования хлорофилла. Так, метод дробного осаждения заключался в прибавлении к раствору анализируемой смеси либо какой-то жидкости, неодинаково уменьшающей растворимость отдельных компонентов смеси... либо нерастворимого вещества, неодинаково адсорбирующего отдельные компоненты раствора. Первым этот метод применил в 1868 г. французский химик Э.Фильоль... В дальнейшем тем же методом пользовались А.Готье и К.А.Шенк. В своих опытах эти исследователи применяли такие адсорбенты, которые не оказывали химического воздействия на пигменты» (Сенченкова, 1997, с.247). Необходимо отметить, что метод адсорбции для разделения белков использовали также Э.Брюкке и А.Я.Данилевский. С.Д.Варфоломеев в книге «Химическая энзимология» (2005) пишет: «Заметную роль в развитии методологии выделения ферментов сыграли работы Э.Брюкке и А.Я.Данилевского, которые использовали явление адсорбции для разделения белков. В 1862 г. А.Я.Данилевскому впервые удалось разделить трипсин и панкреатическую амилазу. Эти работы стали основой современных методов получения белков» (Варфоломеев, 2005, с.15).

**50) Аналогия Рихарда Вильштеттера.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1915 год Р.Вильштеттер (1908) стал использовать в своей лаборатории для разделения хлорофилла метод адсорбции по аналогии с исследованиями выдающегося русского ученого М.Цвета (1903), который применял данный метод в тех же целях. Цвет изучал различные вещества на предмет их адсорбционных свойств и, в конце концов, развил свой метод адсорбции до эффективного метода хроматографии. В книге «М.С.Цвет – создатель хроматографии» (1997) Е.М.Сенченкова пишет о Цвете: «Изложив затем результаты изучения более ста адсорбентов,

относящихся к самым различным классам химических соединений, а также ряда соединений неопределенного состава, Цвет пришел к заключению об их способности адсорбировать разнообразные растворимые вещества и возможности использования этого феномена при разработке задуманного им аналитического метода» (там же, с.256). Как ни странно, Вильштеттер критиковал результаты исследований Цвета, считая их ошибочными, что, однако, не помешало ему заимствовать у Цвета тот метод адсорбции, к которому Вильштеттер долгое время относился скептически ввиду того, что это не химический, а чисто физический метод. С помощью этого метода Вильштеттер получил важные результаты при решении проблемы структуры хлорофилла и других биологических веществ. Как свидетельствует известный ученый Ричард Синг, получивший Нобелевскую премию за разработку метода распределительной хроматографии, «когда Вильштеттер и его коллеги использовали для разделения хлорофиллов методы жидко-жидкостного распределения, они фактически воспользовались многоступенчатой одноколоночной процедурой, очень сходной с той, которую Цвет проанализировал математически» (цит. по: Сенченкова, 1997, с.363). Е.М.Сенченкова добавляет: «В 10-20 гг. при изучении растительных пигментов и ферментов Вильштеттер применил для выделения и очищения этих веществ статический вариант адсорбционного метода, но и в этом его приеме не было новизны. Еще в 1903 г. Цвет сообщил, что при разработке метода адсорбционного анализа пользовался не только динамическим, но и статическим его вариантом» (Сенченкова, 1997, с.363). Используя метод адсорбции в своих экспериментах, Вильштеттер никогда не ссылался на заслуги Цвета. Со слов Сенченковой, «лишь в 1928 г. Вильштеттер мельком отметил существование у него предшественников по данному приему и в их числе Цвета» (там же, с.363). Перед нами – очередной пример аналогии-ассимиляции, основанной на прямом заимствовании (буквальном копировании).

**51) Аналогия Ивана Павлова.** Идея лауреата Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1904 год И.П.Павлова о существовании секреторных нервов желудочных желез, то есть о нервной регуляции деятельности желудочных желез, возникла у него по аналогии с существованием секреторных нервов слюнных желез. Другим доводом в пользу догадки Павлова было то, что ветви блуждающего нерва проникают в толщу желудка. Роль психологического барьера в открытии секреторных нервов желудочных желез играл тот факт, что существование этих нервов отрицали почти все ведущие физиологи того времени. За открытие секреторных нервов желудочных желез Павлов и был удостоен Нобелевской премии в 1904 году (Э.А.Асратян, «Иван Петрович Павлов», 1974). Аналогично, первая мысль о существовании нервов, регулирующих работу органов пищеварения, возникла у Павлова по аналогии с наличием нервов, регулирующих работу сердца. Т.С.Сорокина в книге «История медицины» (2005) пишет о Павлове: «Под руководством И.Ф.Циона (1842-1912 гг.) И.П.Павлов сделал свои первые шаги в физиологии. Сначала он изучал нервы, регулирующие работу сердца. Затем, сделав заключение о возможности подобных механизмов регуляции и для других внутренних органов, заинтересовался нервной регуляцией пищеварения, и в частности, поджелудочной железы» (Сорокина, 2005, с.377).

**52) Аналогия Ивана Павлова.** И.П.Павлов сформулировал гипотезу о наличии процессов анализа и синтеза нервных сигналов в коре мозга, контролирующей произвольные движения, по аналогии с наличием аналитико-синтетических процессов в коре мозга, ответственной за обработку зрительной и слуховой информации. Как пишет нейропсихолог А.Р.Лурия, «И.П.Павлов, опираясь на данные Н.И.Красногорского (1911), Ю.М.Конорского и С.М.Миллера (1936), впервые включил в физиологические основы произвольного движения процессы анализа и синтеза кинестетических сигналов и выдвинул понятие «двигательного анализатора». Тем самым он распространил те принципы, в свете которых рассматривались все афферентные зоны коры головного мозга (кожно-кинестетическая, зрительная, слуховая),

на двигательную кору и сделал произвольные движения доступными для объективного физиологического изучения» (А.Р.Лурия, «Высшие корковые функции человека», 2000).

**53) Аналогия Ивана Павлова.** Лауреат Нобелевской премии И.П.Павлов пришел к выводу о том, что работа мозга основана на постоянном обмене информацией между разными отделами мозга и органами тела, по аналогии с работой центральной телефонной станции, соединяющей разных абонентов, общающихся между собой. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса» (2003) пишет: «В середине девятнадцатого века нервы представляли себе в виде звонковых электрических проводов. Последователь мировоззрения конца 19 века академик Павлов изображал нервную систему в виде центральной телефонной станции с коммутаторным щитом» (Бернштейн, 2003, с.292). С.Роуз в книге «Устройство памяти: от молекул к сознанию» (1995) пишет: «С открытием Гальвани «животного электричества» (лягушка, дергающая лапками, к которым подсоединены металлические провода) нервная система перестала быть водяным лабиринтом и стала электрической сетью. В этой сети мозг сначала служил телеграфной сигнальной системой, а потом (в начале нынешнего столетия) превратился в телефонную станцию. Эта новая аналогия особенно нравилась знаменитому нейрофизиологу Шеррингтону. (...) В отличие от гидравлических аналогий сравнение мозга с телеграфной и телефонной системами уже не было просто поэтической метафорой. Например, телеграф, подобно мозгу, преобразует входную информацию в символы (в руках Морзе и его последователей – в особые коды для отдельных букв), которые можно передавать на большие расстояния и после приема расшифровывать. Принцип телефонной связи еще более сходен с принципами работами мозга, так как в этом случае речь переводится в особым образом модулированный поток электронов, направляемый по проводам» (С.Роуз, 1995). «В двадцатых годах нынешнего столетия, - поясняет С.Роуз, - было установлено, что через мозг и в самом деле непрерывно текут электрические токи, а приложенные к голове электроды регистрируют регулярные всплески и ритмические волны электрической активности, изменяющиеся во время покоя, умственной работы, сна и бодрствования. Это было тотчас воспринято как подтверждение телефонной модели с идеей о центральной станции, соединяющей абонентов, из которых одни набирают номера, а другие отвечают на вызов» (С.Роуз, 1995).

**54) Аналогия Уолтера Кеннона.** Догадка У.Кеннона о существовании психического тонуса, то есть о возникновении условного рефлекса перистальтических движений желудка и кишечника у животного при виде пищи, возникла у него по аналогии. Кеннон по аналогии опирался на идею И.Павлова о существовании психической секреции, то есть о появлении условного рефлекса выделения желудочного сока у животного при виде той же пищи. М.Г.Ярошевский и С.А.Чеснокова в книге «Уолтер Кеннон» (1976) цитируют Кеннона: «Изучая механические аспекты пищеварения, я пришел к выводу, что подобно тому, как имеется «психическая секреция», сходным образом имеется, вероятно, «психический тонус», т.е. «психические сокращения» желудочно-кишечных мышц...» (Ярошевский, Чеснокова, 1976).

**55) Аналогия Уолтера Кеннона.** Уолтер Кеннон высказал идею о существовании причинно-следственной связи между эмоциональными реакциями и адреналином, основываясь на следующем сходстве (анalogии): как эмоциональное возбуждение, так и избыток адреналина вызывают торможение перистальтики (динамики) желудка. Как пишет историк психологии М.Г.Ярошевский в книге «Уолтер Кеннон» (1976), «...Кеннон, раздражая симпатические стволы и наблюдая торможение кишечной перистальтики, отметил, что адреналин, будучи введен в организм, давал такой же эффект. Эмоции также тормозили моторную деятельность желудочно-кишечного тракта. Располагая такими данными, естественно, что Кеннон заинтересовался механизмами влияния симпатической системы на ткани и органы» (Ярошевский, Чеснокова, 1976).

**56) Аналогия Уолтера Кеннона.** У.Кеннон выдвинул предположение о том, что проведение нервных импульсов в центральной нервной системе обусловлено действием медиаторов (например, медиатора ацетилхолина), руководствуясь аналогией. Кеннон опирался на аналогию с ролью медиаторов в вегетативной (симпатической) нервной системе. Оправданием этой аналогии было наличие в центральной нервной системе односторонней передачи импульсов, явления последействия и суммации, то есть эффектов, присущих вегетативной нервной системе (Ярошевский, Чеснокова, 1976).

**57) Аналогия Василия Юрьевича Чаговеца.** Известный физиолог 19 века В.Ю.Чаговец (1890) высказал идею о причинно-следственной связи между процессом возникновения биоэлектрических потенциалов и неравномерным распределением ионов, когда по аналогии распространил электролитическую теорию Аррениуса на электромоторные явления в живых тканях. Л.Я.Бляхер в книге «История биологии с начала 20 века до наших дней» (1975) пишет об ионной теории Аррениуса: «Эта теория вызвала интерес физиологов, которым была хорошо известна роль солей в явлениях возбуждения, проведения нервных импульсов, в кровообращении и т.д. Уже в 1890 г. молодой физиолог В.Ю.Чаговец выступает с исследованием «О применении теории диссоциации Аррениуса к электромоторным явлениям в живых тканях», в котором попытался связать возникновение биоэлектрических потенциалов с неравномерным распределением ионов. Несколько позже с аналогичными соображениями выступил американский биолог Ж.Леб, признавший позже приоритет Чаговца. В перенесении физико-химических представлений на биологические явления принимает участие целый ряд основоположников физической химии. Исходя из явления движения ионов солей, В.Нернст (1908) сформулировал свой известный количественный закон возбуждения: порог физиологического возбуждения определяется количеством перенесенных ионов» (Бляхер, 1975, с.289).

**58) Аналогия Фридриха Нернста.** Лауреат Нобелевской премии по химии 1920 года, первооткрыватель третьего закона термодинамики Фридрих Нернст (1899) сформулировал идею об ионной природе возбуждения нерва, т.е. об ионной обусловленности процесса распространения нервного сигнала в тканях животных и человека, руководствуясь аналогией. Ф.Нернст обнаружил аналогию (сходство) скорости распространения нервного импульса, вычисленной Гельмгольцем (1850), и скорости распространения ионов в растворах. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса» (2003) констатирует: «На самом рубеже 20 века, после появления физической теории растворов Аррениуса и Вант-Гоффа, появились и первые физически обоснованные соображения о природе возбуждения нерва. Начиная с 1899 г. Нернст выпустил ряд работ, в которых отождествлял электрическую сторону процесса возбуждения с перемещениями ионов, т.е. с изменениями их концентраций и со скоплениями их у полупроницаемых мембран. Леб (1901 и далее) установил возбуждающее действие одновалентных ионов (K,Na) и угнетающее действие двухвалентных (Ca, Mg), откуда получилась прямая зависимость между интенсивностью возбуждения и вариациями отношения концентраций возбуждающих и угнетающих ионов» (Бернштейн, 2003, с.12).

**59) Аналогия Христиана Эйкмана.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1929 год Христиан Эйкман (1897) сформулировал предположение о том, что причиной болезни бери-бери у людей является употребление в пищу риса, очищенного от своей оболочки, в которой содержатся важные для организма вещества, позже названные витаминами, воспользовавшись аналогией. Эйкман пытался установить причину болезни некоторых заключенных, которых кормили рисом, очищенным от его естественной оболочки. Эта болезнь получила название бери-бери, и ее протекание сопровождалось нарушением координации движений. Когда Эйкман заметил нарушение двигательных актов у кур,

которые гуляли во дворе рядом с тюремными помещениями и которые питались, как и заключенные, очищенным рисом, он по аналогии понял, что аналогичное заболевание людей обусловлено той же причиной, то есть употреблением в пищу очищенного риса. Г.Глязер в книге «Исследователи человеческого тела от Гиппократов до Павлова» (1950) пишет: «Однажды доктор Эйкман, служивший врачом в Голландской Индии, выглянув из окна своей квартиры в Ботавии, испытал то, что испытывает гениальный человек, - а гениален в медицине тот, кто видит более других, - когда перед ним раскрывается дверь, за которой можно увидеть нечто новое, неведомое. Доктор Эйкман увидел двух кур, гуляющих во дворе, примыкающем к тюремной стене. В этом дворе их кормили остатками пищи, приносимой арестованным. Доктор Эйкман обратил внимание на необычные движения кур: они не семенили взад и вперед, как другие куры, а внезапно останавливались и, как бы охваченные судорогами, выворачивали головы. Короче говоря, эти куры вдруг напомнили доктору больных бери-юери, которых он постоянно наблюдал среди заключенных как тюремный врач. Гениальным в Эйкмане было то, что между странным поведением кур и болезнью бери-бери он заподозрил связь и увидел здесь, кроме того, связь с пищей, так как куры питались тем же, чем и заключенные, а именно рисом, очищенным от оболочки – от тонкой серебристой кожицы, в которой содержится зерно» (Г.Глязер, 1950).

**60) Аналогия Т.Эллиота.** Известный физиолог Т.Эллиот (1904) предположил, что симпатический нерв при возбуждении выделяет адреналиноподобное вещество, отталкиваясь на сходства (аналогии) действия адреналина и симпатического нерва на гладкую мышцу. Как указывают историки науки М.Г.Ярошевский и С.А.Чеснокова, «Эллиот в 1904 году ставил опыты с адреналином и показал, что адреналин действует на гладкую мышцу, предварительно денервированную, так же как и симпатический нерв. Естественно было предположить, что симпатический нерв при возбуждении выделяет адреналиноподобное вещество. Продолжая эксперименты в последующие годы, Эллиот удалял у животных оба надпочечника, после чего наблюдал резкое ослабление влияний симпатической системы в организме препарированных животных» (М.Г.Ярошевский, С.А.Чеснокова, «Уолтер Кеннон», 1976).

**61) Аналогия Юлиуса Бернштейна.** Немецкий физиолог Юлиус Бернштейн (1905) выдвинул гипотезу о том, что калий является химическим элементом, который создает потенциал мембраны нервных и других клеток, по аналогии с исследованиями Гебера, который установил, что все соли, содержащие калий, создают отрицательный потенциал на участках мышцы. Разумеется, речь идет о тех участках мышцы, на которые действуют эти соли. Бернштейн рассуждал: если в экспериментах соли, содержащие калий, создают потенциал на отдельных участках мышцы, то по аналогии можно предположить, что калий создает потенциал на мембранах клеток и в естественных условиях, без всяких искусственных условий, характерных для эксперимента. М.Б.Беркинблит и Е.Г.Глаголева в книге «Электричество в живых организмах» (1988) констатируют: «Очень слабым местом мембранной гипотезы было полное отсутствие данных о том, какой именно ион вызывает потенциал. Но вот в 1905 г. в Берлине молодой сотрудник Нернста (Нернст теперь уже не скромный ассистент Оствальда, а директор Института химии) Гебер обнаруживает, что все соли, содержащие калий (например  $KCl$ ,  $KNO_3$  и др.), оказывают сходное действие на мышцу: участок мышцы, на который действует раствор такой соли, приобретает отрицательный потенциал по отношению к другим участкам мышцы. Бернштейн сразу оценивает значение работы Гебера – ведь мембранная теория объясняет эти результаты очень просто: стоит только предположить, что  $K^+$  и является тем ионом, который создает потенциал» (Беркинблит, Глаголева, 1988, с.64). Интересно, что влияние солей калия на потенциал было впервые описано за 10 лет до Гебера в книге Бидермана, посвященной электрофизиологии, но на это открытие не обратили внимание.

**62) Аналогия Александра Александровича Богданова.** Известный русский ученый, один из ранних предтеч теории систем и кибернетики, А.А.Богданов (1913) пришел к идее об использовании принципа Ле Шателье-Брауна в биологии (а также в психологии и социологии) по аналогии с применением данного принципа в химии. В книге «Тектология. Всеобщая организационная наука» (1989) А.А.Богданов пишет: «В физико-химических науках существует «закон равновесия», сформулированный Ле-Шателье. Он говорит о том, что системы, находящиеся в определенном равновесии, обнаруживают тенденцию сохранять его, оказывают внутреннее противодействие силам, его изменяющим» (А.А.Богданов, 1989). «К растворам, химическим реакциям, движениям тел, - продолжает А.А.Богданов, - принцип Ле-Шателье применяется на каждом шагу, позволяя в самых различных случаях предвидеть системные изменения. Но тот же закон, как показывают многие наблюдения, применим и к находящимся в равновесии системам биологическим, психическим, социальным. Например, человеческое тело на внешнее охлаждение отвечает тем, что усиливает внутренние окислительные и иные процессы, вырабатывающие его теплоту; на перегревание – тем, что повышает процессы испарения, отнимающие теплоту. Нормальная психика, когда в силу внешних условий для нее уменьшается количество ощущений, например, когда человек попадает в тюрьму, как бы возмещает этот недостаток, усиливая работу фантазии, а также развивая внимание к мелочам; напротив, при перегрузке впечатлениями понижается внимание, направленное на частности, ослабевают деятельность фантазии и т.п. Ясно, что вопрос о всеобщности закона Ле-Шателье не может быть поставлен и систематически исследован никакой из специальных наук: физико-химии нет дела до психических систем, биологии – до неорганических, психологии – до материальных. Но с общеорганизационной точки зрения вопрос, очевидно, не только вполне возможен, а совершенно неизбежен» (А.А.Богданов, 1989).

**63) Аналогия Александра Чижевского.** Александр Чижевский (1915) пришел к идее о влиянии электромагнитного излучения Солнца на жизненные явления и процессы, происходящие на Земле, основываясь на обнаружении следующего сходства (анalogии): наблюдая с помощью телескопа за солнечными пятнами на Солнце и одновременно обозначая флажками на географической карте перемещение войск, участвовавших в первой мировой войне, он заметил, что максимум солнечных пятен совпадает по времени с интенсивностью перемещения этих войск. А.Чижевский в статье «Гневы Солнца» (журнал «Простор», Алма-Ата, 1969, № 5, стр.56-75) сам раскрывает историю своего открытия: «Расскажу, что побудило меня к развитию идей подобного рода. Возможно, только случайность... У меня в комнате над кроватью висела большая карта западной части России, Волыни, Царства Польского и прибалтийских стран, по которой белыми и черными флажками на булавах были отмечены военные фронты. Почти ежедневно по сводкам Верховного Главнокомандования я фиксировал движение наших войск и войск противника. Мой отец, Леонид Васильевич, мой дядя, Аркадий Васильевич, мои родственники и старшие друзья были на фронте, в жарких боях отстаивая честь и славу Родины. Большинство из них сложили там свои головы. Отзывчивая юность зорко следила за развитием военных действий, с печалью принимая трагические известия. Как раз этим летом я получил возможность вести зарисовки солнечной поверхности, пользуясь мощным телескопом Секретана. Первые уроки зарисовок мне дал знакомый нашей семьи доцент (впоследствии профессор) Сергей Николаевич Блажко, специалист по переменным звездам. И вот в те дни, когда мне приходилось много возиться с перестановкой флажков на карте военных действий, приходилось и больше всего вести зарисовок возмущений солнечной поверхности» (А.Чижевский, 1969). Об этом же говорят А.Манакин и Л.Энгельгардт в статье «Леонардо да Винчи XX века» (журнал «Наш современник», 2002, № 11): «Еще в 1915 году он увлекся исследованиями солнечных пятен и обнаружил синхронность между максимальным количеством пятен, проходящих через центральный меридиан Солнца, и военными действиями на фронтах первой мировой войны, за которыми следил с большим вниманием.

Подметив эту взаимосвязь, Александр ищет подтверждения у древних летописцев, хроникеров, зная, что они записывали подробно все происходящее на Земле и на небе, сопоставляя земные явления с необычайными явлениями на небе, например с солнечными затмениями. Уже в мае 1918 года он защищает в Московском университете докторскую диссертацию. Тема ее: «О периодичности всемирно-исторического процесса» (А.Манакин, Л.Энгельгардт, 2002). Учитывая случайность первоначального обнаружения синхронности активности Солнца и интенсивности военных действий на фронте, можно говорить о том, что здесь имела место аналогия с фактором случая.

**64) Аналогия Александра Чижевского.** А.Чижевский (1918) выдвинул идею о благотворном влиянии отрицательно заряженных ионов воздуха на живые организмы и о возможности использования этих ионов для очищения воздуха космических кораблей, по аналогии с одним из эпизодов, описанных Жюлем Верном в его фантастическом романе о капитане Немо. В этом эпизоде главный герой пополнял запасы кислорода подводной лодки воздухом, насыщенном электричеством. Андрей Петров в статье «Целебная люстра от инопланетян» («Новая газета», № 3 от 17 января 2000 г.) пишет: «Чижевский нашел выход. Он предложил оживлять мертвый воздух с помощью электричества. Ведь электрические разряды пробуждают в воздухе животворную субстанцию. И сразу, надо же, попал в яблочко. Как же пришла Чижевскому эта блестящая мысль? Ответ нам подсказали архивы. Оказалось, у него и у Константина Эдуардовича (Циолковского – Н.Н.Б.) был тайный советник, один на двоих, и его вы прекрасно знаете. Это провидец-фантаст Жюль Верн. В его книгах Циолковский почерпнул идею полета на Луну и другие планеты. Чижевскому эти книги подсказали, каким должен быть воздух в космических кораблях, а также на уходящих в длительные рейсы подводных лодках. Помните, где «Наутилус» капитана Немо пополнял запасы воздуха? На архипелаге в восточной части Тихого океана! А какой там был воздух? В малоизвестных воспоминаниях Чижевского приводится цитата, где Жюль Верн ясно и полно отвечает на этот вопрос: «Насыщенный электричеством, наделенный такими живительными свойствами, каких лишен кислород в своем обычном состоянии» (А.Петров, 2000). Конечно, сама мысль о благотворном воздействии отрицательных ионов на живые организмы возникла у Чижевского индуктивно, при обобщении результатов экспериментов с ионами, которые он проводил в 1918 году в доме отца в Калуге. Но предположение об использовании этих ионов в космических кораблях родилось по аналогии с произведениями Ж.Верна, в которых описывалось использование воздуха, насыщенного электричеством, в подводной лодке «Наутилус». Такая реконструкция генезиса идеи Чижевского не кажется неправдоподобной, так как сам Циолковский впервые пришел к мысли о применении ракет для преодоления земного тяготения по аналогии с теми же произведениями Ж.Верна. Н.А.Рынин в книге «Циолковский. Его биография, работы и ракеты» (1931) отмечает: «Вот как описывает сам Циолковский историю возникновения у него идеи о ракетах. «Долго на ракету я смотрел, как все: с точки зрения увеселений и маленьких применений. Не помню хорошо, как мне пришло в голову сделать вычисления, относящиеся к ракете. Мне кажется, первые семена мысли заронены были известным фантазером Ж.Верном; он пробудил работу моего мозга в известном направлении» (Н.А.Рынин, 1931).

**65) Аналогия Рихарда Гольдшмидта.** Немецкий биолог Р.Гольдшмидт пришел к выводу о существовании своеобразного скелета в мышечных и нервных клетках, в которых он образован различными микротрубочками и другими внутриклеточными тяжами, по аналогии с работами Н.К.Кольцова, впервые сформулировавшего принцип цитоскелета для других типов живых клеток. В.Сойфер в статье «Мужество великого Кольцова» (журнал «Наука и жизнь», 2002, № 8) пишет о Кольцове: «Его эксперименты привели к открытию мирового масштаба – обнаружению в 1903 году «твердого клеточного скелета» в, казалось бы, нежнейших клетках. До него ученые считали, что клетки принимают свою форму в зависимости от осмотического давления наполняющего клетку содержимого. Кольцов

оспорил этот основополагающий вывод и вывел новый принцип, согласно которому, чем мощнее и разветвленное различные структуры каркаса, удерживающего форму клеток, тем больше эта форма отходит от шарообразной. Он предложил термин «цитоскелет», изучил внутриклеточные тяжи во многих типах клеток, исследовал их разветвленность, использовал химические методы для выявления условий стабильности цитоскелета» (В.Сойфер, 2002). «В 1911 году, - поясняет В.Сойфер, - вышло дополненное издание книги Кольцова о цитоскелете на немецком языке. В большой монографии Р.Гольдшмидт перенес принцип цитоскелета Кольцова на объяснение формы мышечных и нервных клеток. Ученые из Гейдельбергского университета сообщили, что они применили с успехом кольцевой принцип для исследования одноклеточных организмов» (В.Сойфер, 2002).

**66) Аналогия Отто Мейергофа.** Выдающийся биохимик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1922 год Отто Мейергоф (1918) построил первую анаэробную схему распада углеводов, когда обратил внимание на принципиальное сходство процессов брожения и дыхания (превращений углеводов в мышце). Это сходство заключалось в том, что кофермент, необходимый для осуществления спиртового брожения и содержащийся в тканях мышц, оказался аналогичным ферменту козимазе Э.Бухнера, А.Гардена и В.Юнга. Кроме того, это сходство состояло в том, что при распаде углеводов в мышце, так же как и при брожении, образуются фосфорилированные трехуглеродные фрагменты. Этот факт был установлен Г.Эмбденом. Интересно, что еще во второй половине 19 века Э.Пфлюгер высказывал предположение о тесной взаимосвязи процессов дыхания и брожения («История биологии» под ред.Л.Я.Бляхера, 1975).

**67) Аналогия Отто Варбурга.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1931 год Отто Варбург высказал гипотезу о том, что клеточное дыхание обусловлено действием специального фермента, белковая молекула которого содержит порфириновое ядро с одним атомом железа, которое и взаимодействует с кислородом, следующим образом. В 80-е годы 19 века Чарлз Макманн сообщил, что ему удалось методом спектроскопии наблюдать в некоторых тканях неизвестное вещество, которое поглощало кислород и имело такие же спектральные линии, как и гемоглобин, имеющий в своем составе порфириновое ядро с одним атомом железа. Узнав об этом сообщении Макманна, Варбург стал заниматься исследованием клеточного дыхания, вновь применив спектроскопию и вторично установив сходство катализаторов биологического окисления с гемоглобином. На основании этого, руководствуясь аналогией, Варбург сделал вывод, что дыхательный фермент в своей белковой молекуле также содержит порфириновое ядро с одним атомом железа, которое и взаимодействует с кислородом. Эти дыхательные ферменты, обнаруженные по их спектру, были названы цитохромами. В.Чолаков в книге «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) отмечает: «Еще в 80-е годы прошлого века Чарлз Макманн методом спектроскопии обнаружил в некоторых тканях неизвестное вещество, которое поглощало кислород и имело такие же спектральные линии, как и гемоглобин. Отсюда был сделан вывод, что в тканях содержится какой-то фермент, похожий на гемоглобин. Значение этого открытия стало понятным лишь в 20-е годы, когда Варбург стал заниматься исследованием клеточного дыхания. Он вновь применил спектроскопию и вторично установил сходство катализаторов биологического окисления с гемоглобином. На основании этого Варбург сделал вывод, что дыхательный фермент в своей белковой молекуле также имеет порфириновое ядро с одним атомом железа, который взаимодействует с кислородом. Эти дыхательные ферменты, обнаруженные по их спектру, были названы цитохромами» (Чолаков, 1986, с.218).

**68) Аналогия Владимира Вернадского.** В.И.Вернадский (1920) пришел к идее о геологическом характере науки, к идее о том, что наука является планетарным явлением, способным значительно преобразовать внешний облик Земли, по аналогии с геологической ролью микроорганизмов в изменении химии земной коры. В книге «О науке» (1997), в

которой собраны различные публикации выдающегося ученого, В.И.Вернадский пишет: «...Роль живого вещества – организмов – колоссальна; без них вся химия земной коры пошла бы иначе. В этих процессах среди живого вещества – особенно на суше – чрезвычайно роль человечества, и его геохимическое значение увеличивается с каждым столетием. Всякое повышение культуры связано с увеличением его геохимического значения. Все тенденции, которые мы наблюдаем в окружающей нас истории, которые повышают культурную силу человечества, увеличивают его геохимическое значение. Чрезвычайно характерно, что геохимическая роль культурного человечества совершенно соответствует геохимической роли живого вещества. Она идентична по своему характеру и различна лишь по своей интенсивности. Человек и микроорганизмы – самая могучая форма геохимического воздействия живого вещества – производят работу одного и того же рода, что одинаково отражается на ходе геохимических процессов» (Вернадский, 1997, с.132). «Наука, - поясняет В.И.Вернадский, - представляет ту силу, которая спасает человечество, не дает ему опуститься, является той силой, которая совершает геологическую работу, в частном случае – геохимическую, им совершаемую» (там же, с.133). Из этих высказываний Вернадского мы видим, что основанием для проведения данной аналогии послужило сравнение количества химического вещества, перерабатываемого и переносимого с одного участка планеты на другой микроорганизмами и человечеством, опирающимся на науку. Заметив сопоставимость (сходство) количества этого вещества, ученый включил науку в число факторов, изменяющих химию земной коры. Конечно, кроме аналогии Вернадский опирался здесь и на индукцию, о чем он сам говорит в работе «Наука как геологическая сила»: «Привыкши идти путем точной индукции, переходить от частного к общему, я и здесь остаюсь верным этому исконному пути натуралиста, тому пути, который приводит человечество к тем великим научным завоеваниям, которые, по моему убеждению, в действительности заставляют его проделывать работу, выходящую в своем значении за пределы нашей планеты. Я буду искать общего, исходя из частного случая» (Вернадский, 1997, с.130).

**69) Аналогия Владимира Вернадского.** В.И.Вернадский ввел математическую формулу, описывающую процесс размножения и распространения организмов в пространстве биосферы, по аналогии с известными формулами механики, описывающими движение тел и процесс распространения энергии. А.М.Гиляров в статье «Вернадский, дарвинизм и Гея» (журнал «Химия и жизнь», 1995, № 2) пишет: «Сравнение процессов, протекающих в биосфере, с движением небесных тел, с классической механикой для В.И. чрезвычайно характерно. К подобным аналогиям он обращался многократно. Даже процесс размножения и распространения организмов он выражал простой формулой механики:  $pv^2/2$ , где  $p$  – средний вес организмов определенного вида, а  $v$  – скорость заселения ими пространства (или, как говорил В.И., - скорость «растекания геохимической энергии»). Влияние на В.И. физической модели мира проявляется и в его попытках ввести некоторые численные постоянные, аналогичные константам везики. Так, в соответствии со своим интересом к планетарному масштабу жизни В.И. предлагает соотносить скорости размножения разных видов с площадью поверхности Земли...» (А.М.Гиляров, 1995).



«Человек неукротимого темперамента и потрясающей любознательности, он источал флюиды интереса к науке в широком смысле, он заражал этими флюидами окружающих, и они тянулись к нему везде, где он жил – и в России, и в Германии. Поэтому не случайно, что он дружил и сотрудничал с такими китами физики, как Нобелевские лауреаты Нильс Бор и Эрвин Шредингер».

В.Н.Сойфер о Н.В.Тимофееве-Ресовском

**70) Аналогия Николая Тимофеева-Ресовского.** Н.В.Тимофеев-Ресовский (1940-е годы) высказал идею о миграции квантов энергии в биологических системах, по аналогии с явлением миграции квантов энергии в кристаллах («История биологии» под ред.Л.Я.Бляхера, 1975). Кроме того, Н.В.Тимофеев-Ресовский пришел к выводу об использовании принципа неопределенности Гейзенберга для описания мутагенеза по аналогии с использованием данного принципа в квантовой механике для объяснения невозможности знать точные значения координаты и импульса атомных частиц. Основанием для проведения данной аналогии послужили трудности получения точной информации о том, способна ли та или иная частица попасть в определенную область хромосомом и вызвать мутацию. Б.М.Медников в книге «Аксиомы биологии» (1982) пишет: «О том, что для описания мутагенеза необходимо использовать принцип Гейзенберга, писали еще Н.В.Тимофеев-Ресовский и Паскуаль Йордан в 40-х годах. В последнее время то же утверждает и Манфред Эйген. Короче, мы можем лишь с некоторой долей вероятности предполагать, обладает ли частица нужной для мутации энергией и попадет ли она в зону эффективного объема. Не только принцип Гейзенберга – любое другое положение квантовой механики делает процесс мутагенеза вероятностным» (Б.М.Медников, 1982).

**71) Аналогия Льва Берга.** Лев Семенович Берг (1922) сформулировал идею о существовании гомологических рядов в наследственной изменчивости животных по аналогии с законом гомологических рядов наследственной изменчивости растений, который был сформулирован Вавиловым. С.Резник в книге «Раскрывшаяся тайна бытия» (1976) указывает: «В 1922 году увидела свет наделавшая много шума книга Льва Семеновича Берга «Номогенез». Крупнейший зоолог и географ Л.С.Берг привел массу фактов, показывавших, что гомологические ряды изменчивости характерны не только для растений, но и для животных, а следовательно, закон Вавилова приложим ко всему органическому миру. Параллельная изменчивость, по мысли Берга, одно из самых основных, самых фундаментальных свойств жизни» (Резник, 1976, с.107).

**72) Аналогия Алексея Заварзина.** А.А.Заварзин (1920-1930 годы) сформулировал закон параллельных рядов тканевой эволюции по аналогии с идеей Н.И.Вавилова о существовании параллельных рядов наследственной изменчивости растений. Несмотря на то, что А.А.Заварзин имел и индуктивные доказательства формулируемого закона (результаты сравнительного исследования различных тканей), указанная аналогия играла не последнюю роль. М.Д.Голубовский в книге «Век генетики: эволюция идей и понятий» (2000) пишет: «Большое влияние концепция Н.И.Вавилова оказала на А.А.Заварзина и его учение о параллелизмах клеточных и тканевых структур, разработанное в 1920-1930-е годы» (М.Д.Голубовский, 2000).

**73) Аналогия А.Гурвича и П.Вейса.** А.Гурвич (1922) и П.Вейс (1926) пришли к выводу о том, что эмбриональное и постэмбриональное формирование и развитие клеточных групп, тканей и органов любого организма определяется действием морфогенетических полей, по аналогии с тем, что свойства и структура различных материальных объектов определяются действием электромагнитного поля. Позже такую же гипотезу отстаивал и развивал известный биолог Руперт Шелдрейк (1981), который предполагал, что морфогенетические поля играют причинную роль в развитии и сохранении форм систем на всех уровнях сложности. Шелдрейк пишет: «...Для объяснения свойств целостности и направленности, проявляемых развивающимися организмами, Дриш предлагал нефизическую энтелехию, органицисты предложили морфогенетические (или эмбриональные, или свойственные развитию) поля. Эта идея была выдвинута независимо А.Гурвичем в 1922 и П.Вейсом в 1926 году. Однако, помимо утверждения, что морфогенетические поля играют важную роль в контроле морфогенеза, ни один из этих авторов не определял, что такое эти поля и как они

работают. Терминология полей вскоре была воспринята другими учеными, работающими в области биологии развития...» (Р.Шелдрейк, «Новая наука о жизни», 2005). Р.Шелдрейк подчеркивает, что в определенный период своего развития концепция морфогенетических полей «оставалась слабо разработанной, хотя и служила для создания аналогий между свойствами живых организмов и неорганических электромагнитных систем» (там же). Л.Я.Бляхер в книге «История биологии с начала 20 века до наших дней» (1975) пишет об указанной аналогии А.Г.Гурвича: «Согласно его первоначальной гипотезе, абстрагированной от гистологического строения какой-либо развивающейся части организма, источником направленного роста закладки является «поле», действие которого ограничивает формативные движения ее элементов, подобно тому, как магнитное поле ориентирует железные опилки. В последующих работах Гурвича, объединенных в 1944 г. в книге «Теория биологического поля», эта концепция вылилась в представление об элементарных анизотропных клеточных полях, синтезирующихся в поле целого (эмбриональной закладки, органа или организма) по правилам сложения векторов» (Бляхер, 1975, с.323). «Советский биолог А.Г.Гурвич, - поясняет Л.Я.Бляхер, - сделал смелую попытку подойти к анализу формообразовательных перемещений отдельных клеток, клеточных комплексов или слоев, опираясь на теорию поля. Наряду с исследованием морфогенеза у грибов и цветковых растений Гурвич изучал в свете этой теории также эмбриональный морфогенез центральной нервной системы и закладку скелета конечностей позвоночных» (там же, с.323).



«Кольцову принадлежит «главная идея XX-го века в биологии» - идея матричного размножения биологических макромолекул. Мало кто за пределами России знает это. Мне это важно не из чувства «национальной гордости», а как свидетельство уровня науки в нашей стране».

Симон Шноль о Николае Кольцове

**74) Аналогия Николая Кольцова.** Н.Кольцов (1932) пришел к выводу о способности химических веществ вызывать мутации у дрозофилы и других организмов по аналогии со способностью химических веществ вызывать партеногенетическое развитие у тутового шелкопряда. Напомним, что партеногенетическое размножение – это размножение без участия самцов. Г.Григорьев и Л.Мархасев в статье «Непорочное зачатие», или партеногенез: история, мифы, технология» (журнал «Химия и жизнь», 1975, № 3) цитируют самого Н.Кольцова: «Эксперименты с яйцом шелкопряда показали мне, что яйцевая оболочка у насекомых чрезвычайно резистентна по отношению к концентрированным растворам сильнейших клеточных ядов (иод, сулема, марганцевокислый калий и пр.). Эти сильные яды являются лишь раздражителями для яйца и побуждают его ядро к единственно возможной для него реакции – дроблению. Исходя из этих фактов, я предложил своему сотруднику В.В.Сахарову использовать такую же методику для получения мутаций у дрозофилы. Опыты В.В.Сахарова увенчались успехом...» (Г.Григорьев, Л.Мархасев, 1975). Аналогичное признание Н.Кольцова в том, что он экстраполировал характер воздействия веществ из области партеногенеза в область мутагенеза, можно найти в статье О.Г.Строевой «Открытие химических мутагенов» (сборник «Иосиф Абрамович Рапопорт – ученый, воин, гражданин», 2001). В данной статье Н.Кольцов говорит: «В своих опытах с активацией партеногенетических яиц тутового шелкопряда (1931) я убедился, что при воздействии на яйца, защищенные непроницаемой для воды яйцевой скорлупой, такие сильно действующие вещества, как соли Hg, I, Ag, Mn, Fe, в ничтожных количествах проникают в плазму... и побуждают женское ядро к митотическому делению, выбрасыванию направительных телец и дроблению. В связи с этим наблюдением я предложил В.В.Сахарову применить кратковременное воздействие иодом, марганцем и другими, испробованными мною веществами к яйцам дрозофилы для искусственного воздействия на мутационный процесс

дрозофилы. По этому методу В.В.Сахаровым и его учениками было проведено несколько исследований, давших в общем, по-видимому, положительные результаты» (О.Г.Строева, 2001).

**75) Аналогия Дж.Робсона.** Дж.Робсон (1941), ученый, который вместе с Шарлоттой Ауэрбах открыл явление химического мутагенеза, сформулировал предположение о том, что горчичный газ иприт должен вызывать у дрозофилы такие же генетические мутации, какие вызывают рентгеновские лучи, руководствуясь аналогией. Дж.Робсон обратил внимание на удивительное сходство (аналогию) между ожогами, вызываемыми действием рентгеновского облучения и иприта. Напомним, что способность рентгеновских лучей вызывать мутации у дрозофил открыл Г.Меллер, за что в 1946 году был удостоен Нобелевской премией. Дж.Робсон решил, что если рентгеновские лучи и иприт сходны по способности вызывать ожоги, то должно быть еще одно сходство – по способности вызывать генетические мутации. Именно эта аналогия заставила Робсона обратиться к Ш.Ауэрбах с просьбой об экспериментальной проверке его гипотезы, которая вскоре подтвердилась. О.Г.Строева в статье «Открытие химических мутагенов» (сборник «Иосиф Абрамович Рапопорт – ученый, воин, гражданин», 2001) пишет: «В 1946 г. из печати вышла работа Ш.Ауэрбах и Дж.Робсона, также посвященная открытию сильного химического мутагена. Это был иприт (горчичный газ). Предложение испробовать это вещество на мутагенную активность исходило от Робсона, который в начале Второй мировой войны изучал фармакологию военных отравляющих веществ. Сходство между ожогами, вызываемыми действием рентгеновского облучения и иприта, вместе с наблюдением, что иприт подавляет митозы в гормонально стимулированном влагалище у мышей, позволило ему предположить возможность радиомиметического действия иприта, и он обратился к генетику Ш.Ауэрбах. После испытания ряда производных горчичного газа на мутагенную активность в работах 1942-1944 гг. Ауэрбах и Робсон опубликовали в 1946 г. сообщение, в котором подтвердили данные о том, что иприт является сильным химическим мутагеном, вызывающим у дрозофилы 25% индуцированных мутаций» (О.Г.Строева, 2001).

**76) Аналогия Г.Гассера и Д.Эрлангера.** Лауреаты Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1944 год Герберте Гассер и Джозеф Эрлангер (1932) пришли к идее об использовании электронно-лучевого осциллоскопа для изучения электрических процессов нервных тканей, по аналогии с использованием данного осциллоскопа для изучения свойств катодного (электронного) излучения в физике. В электронной версии книги «Лауреаты Нобелевской премии» (1992), в статье «Эрлангер Джозеф» констатируется: «Тогда для исследования электрических процессов нервных тканей в основном использовались струнные гальванометры (приборы, измеряющие токи по создаваемым ими электромагнитным полям), однако эти устройства не были достаточно чувствительными для записи потенциалов действия – импульсов с амплитудой, составляющей лишь несколько микровольт. Кроме того, струнные гальванометры часто ломались. Гассер и его коллега Сидней Ньюкомер преодолели некоторые из этих трудностей, соединив гальванометр с ламповым усилителем (подобным тому, который использовал Гульельмо Маркони в радио). С помощью этих усилителей ученые смогли увеличить амплитуду потенциала действия до такой величины, которая позволяла изучать этот потенциал» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992). Те же ученые применили в своих нейрофизиологических исследованиях ламповый усилитель по аналогии с применением этого усилителя в экспериментах Г.Маркони в области радиосвязи. В книге «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) указывается: «В 1920 г. Гассер узнал, что «Уэстерн электрик компани» только что разработала особо чувствительный электронно-лучевой осциллоскоп. После безуспешных попыток обратиться к компании с просьбой прислать электронно-лучевую трубку Эрлангер и Гассер разработали собственную трубку из колбы для дистилляции воды. Соединив ее с усилителями, они смогли впервые записать временную динамику потенциалов действия в нервах. Многие работы были выполнены лишь после 1932

г., когда исследователи смогли добиться достаточно большого усиления» («Лауреаты Нобелевской премии», 1990). Достижения Г.Гассера и Д.Эрлангера показывают, что любая аналогия – это не что иное, как процесс нахождения новой функции для тех предметов, которые нас окружают.

**77) Аналогия Эгаша Мониша (Моница).** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1949 год Эгаш Мониш (1935) выдвинул гипотезу о возможности лечения различных психических заболеваний у людей с помощью префронтальной лоботомии, при которой разрушались префронтальные доли мозга, по аналогии с исследованиями К.Джакобсена и Д.Фултона. Эти ученые установили, что хирургическая операция лоботомия, проводимая на обезьянах, позволяет лечить нервные расстройства у этих животных. Ирина Шанина в статье «Мониш Эгаш» (сайт «Кругосвет») отмечает: «Но не открытие ангиографии принесло Монишу всемирную славу и Нобелевскую премию, а его работы над новым методом лечения неврологических заболеваний. Этот метод получил название префронтальной лейкотомии (разрез белого вещества переднего мозга), эту операцию часто называют лоботомией. В 1935 году на Втором Всемирном Неврологическом конгрессе Мониш познакомился с работами физиологов Карлайла Джакобсена и Джона Фултона, применявших новый тогда еще метод лейкотомии в лечении шимпанзе, страдающих нервными расстройствами. Полученные ими результаты приводили к мысли, что подобная операция могла бы значительно облегчить состояние людей, страдающих психическими расстройствами. Первая префронтальная лоботомия была проведена Эгашом Монишем и его ассистентом Алмейдо Лимой 12 ноября 1935 г.» (И.Шанина, Интернет). Таким образом, мысль Мониша о применении префронтальной лоботомии для лечения умственных расстройств (в том числе эпилепсии) у людей возникла по аналогии с экспериментами К.Джакобсена и Д.Фултона по применению данной лоботомии для лечения умственных расстройств у обезьян. Любопытно, что впоследствии ученые отказались от такого способа лечения нервных заболеваний ввиду его разрушительного действия на мозг человека. Сам Э.Мониш пострадал от одного из своих пациентов, которому он сделал операцию лоботомии. Д.Палмер и Л.Палмер в книге «Эволюционная психология» (2003) пишут: «Префронтальная лоботомия не улучшала психологического состояния больных. Любой бред или психическое искажение реальности, которые испытывали люди до хирургического вмешательства, не покидали их и потом. Нарушалась именно их способность действовать в соответствии со своими бредовыми идеями и импульсами. Любопытно отметить тот факт, что разработчик префронтальной лоботомии Эгаш Мониш погиб от рук одного из своих пациентов, который ранее перенес подобную процедуру и явно сохранил достаточно воли и стремления, чтобы отомстить хирургу» (Д.Палмер, Л.Палмер, 2003, с.93).

**78) Аналогия Арне Тизелиуса.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1948 год Арне Тизелиус (1937) сформулировал идею о создании электрофореза – метода исследования белковых молекул, в основе которого лежит явление перемещения белковых молекул под действием электрического поля, по аналогии с открытием другого лауреата Нобелевской премии по химии за 1926 год Теодора Сведберга. Сведберг установил, что если раствор белка поместить в электрическое поле, то отдельные белковые молекулы начинают двигаться либо к положительному, либо к отрицательному электроду с определенной скоростью. Эта скорость обусловлена характером электрического разряда, размером и формой молекулы. Причем, нет двух белков, которые в любых равных условиях обладали бы одинаковой скоростью (А.Азимов, «Краткая история биологии», 2004).

**79) Аналогия Джона Бернала.** Д.Бернал сформулировал предположение о том, что живая клетка представляет собой жидкий кристалл, когда обратил внимание на аналогию ряда физико-химических свойств живой клетки и веществ, существующих в жидкокристаллическом состоянии. И.В.Гольдт в статье «Жидкие кристаллы прекрасны и

загадочны, и поэтому я их люблю» (сайт «Нанометр», 2007) цитирует специалиста в области жидких кристаллов Н.В.Каманину: «Есть предположение, что живая клетка представляет собой жидкий кристалл. Так, в 30-х годах двадцатого века английский исследователь Джон Бернал писал: «...Жидкий кристалл в клетке благодаря своей структуре становится протоорганом механической, химической и электрической активности и, будучи ассоциирован в специализированных клетках высших животных, дает начало истинным органам, таким как мышца и нерв. Второе и, возможно, более важное – это то, что ориентированные молекулы жидких кристаллов образуют идеальную среду для каталитического действия, в частности, действия сложного типа, способного обеспечить рост и воспроизведение...». По-видимому, это утверждение Бернала, действительно, небезосновательно. В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что роль жидкокристаллического состояния вещества в функционировании живых систем существенна» (И.В.Гольдт, 2007).

**80) Аналогия Альберта Абрамса (Эбрамса).** Американский биолог Альберт Абрамс (1940-е годы) выдвинул гипотезу о том, что каждый орган, ткань или болезнетворный агент имеет свою уникальную частоту вибрации, или резонанса, по аналогии с наличием уникальных частот вибрации (резонансов) у неживых объектов. Мысль о возможности разрушать болезнетворный агент путем использования этих резонансных частот возникла у него по аналогии с тем, как знаменитый певец Энрико Карузо раскалывал стаканы своим голосом, звучавшим в унисон с определенными частотами этого стакана. П.Томпкинс и К.Берд в книге «Тайная жизнь растений» (2006) повествуют: «В конце девятнадцатого века сын удачливого торговца из Сан-Франциско д-р Альберт Абрамс, получивший от отца в наследство огромное состояние, отправился в Хейдельберг для изучения современной медицины. В Неаполе молодой Абрамс увидел необыкновенный фокус: знаменитый итальянский тенор Энрико Карузо щелкал винный бокал пальцем и извлекал чистый тон. Затем певец отступал от бокала и брал ту же ноту – стекло разбивалось вдребезги. Это впечатляющее зрелище навело Абрамса на мысль: а что, если он стал свидетелем работы фундаментального принципа, который можно также применять в медицинской диагностике и исцелении?» (Томпкинс, Берд, 2006, с.203). Об этой же аналогии Абрамса говорит Эрик Дэвис в книге «Техногнозис: миф, магия и мистицизм в информационную эпоху» (2008): «В 1940-х годах доктор Альберт Эбрамс, профессор патологии Стэнфордского университета, разработал теорию радионики, согласно которой каждый орган, ткань или болезнетворный агент имеет свою уникальную частоту вибрации, или резонанса. Эта идея пришла к Эбрамсу отчасти во время наблюдений за тем, как великий тенор Энрико Карузо раскалывает стаканы своим голосом. Эбрамс применил эту теорию к созданию медицинской технологии: черных ящиков, которые состояли из набора циферблатов, вращавших крошечные стержневые магниты. Каждый из таких магнитов был закреплен напротив небольшой емкости, содержащей «след» или фрагмент ткани пациента» (Э.Дэвис, 2008). С точки зрения Франка Зунна, изложенной в книге «Дух в компьютере» (2004), «доктор Абрамс стал основателем волновой медицины, которая сегодня производит врачебную и терапевтическую практику, используя приборы биорезонанса и радионики» (Ф.Зунн, 2004).

**81) Аналогия Вито Вольтерры.** Итальянский математик В.Вольтерра (1931) вывел математическое уравнение динамики популяций, в котором интенсивность взаимодействия популяций одного трофического уровня (интенсивность конкуренции) пропорциональна вероятности встречи этих популяций, по аналогии с уравнением статистической физики, в котором интенсивность взаимодействия молекул пропорциональна вероятности столкновения молекул (произведению концентраций). Г.Ю.Ризниченко в книге «Математическое моделирование» (1999), в разделе «Биология математическая» отмечает: «Серьезно вопросами динамики популяций В.Вольтерра стал интересоваться с 1925 г., после бесед с молодым зоологом Умберто Де Анкона, будущим мужем его дочери, Луизы. Де Анкона,

изучая статистику рыбных рынков на Адриатике, установил любопытный факт: когда в годы первой мировой войны (и сразу вслед за ней) интенсивность промысла резко сократилась, то в улове увеличилась относительная доля хищных рыб. Такой эффект предсказывался моделью «хищник-жертва», предложенной Вольтера. Эту модель мы рассмотрим ниже. По сути дела, это был первый успех математической биологии. Вольтерра предположил по аналогии со статистической физикой, что интенсивность взаимодействия пропорциональна вероятности встречи (вероятности столкновения) молекул, то есть произведению концентраций. Это и некоторые другие предположения позволили построить математическую теорию взаимодействия популяций одного трофического уровня (конкуренция) или разных трофических уровней (хищник-жертва). Системы, изученные Вольтерра, состоят из нескольких биологических видов и запаса пищи, который используют некоторые из рассматриваемых видов» (Г.Ю.Ризниченко, 1999). «Действительно, - поясняет Г.Ю.Ризниченко, - согласно гипотезам Вольтерра, скорость процесса отмирания каждого вида пропорциональна численности вида. В химической кинетике это соответствует мономолекулярной реакции распада некоторого вещества, а в математической модели – отрицательным линейным членам в правых частях уравнений. Согласно представлениям химической кинетики, скорость биомолекулярной реакции взаимодействия двух веществ пропорциональна вероятности столкновения этих веществ, т.е. произведению их концентрации. Точно так же, согласно гипотезам Вольтерра, скорость размножения хищников (гибели жертв) пропорциональна вероятности встреч особей хищника и жертвы, т.е. произведению их численностей. И в том и в другом случае в модельной системе появляются билинейные члены в правых частях соответствующих уравнений. Наконец, линейные положительные члены в правых частях уравнений Вольтерра, отвечающие росту популяций в неограниченных условиях, соответствуют автокаталитическим членам химических реакций. Такое сходство уравнений в химических и экологических моделях позволяет применить для математического моделирования кинетики популяций те же методы исследований, что и для систем химических реакций» (Г.Ю.Ризниченко, 1999). Уравнение динамики популяций Вольтерры впервые было опубликовано в его книге «Математическая теория борьбы за существование» (1931).

**82) Аналогия А.Н.Колмогорова, И.Г.Петровского и Н.С.Пискунова.** А.Н.Колмогоров совместно с И.Г.Петровским и Н.С.Пискуновым (1937) нашли математическое уравнение, описывающее распространение в процессе биологической эволюции нового биологического вида, по аналогии с математическим уравнением диффузии, или, другими словами, по аналогии с уравнением распространения пламени в бикфордовом шнуре, что одно и то же. В.М.Тихомиров в статье «Вопросы естествознания в творчестве А.Н.Колмогорова», опубликованной в сборнике «Вопросы истории естествознания и техники» (2003 г., № 3), отмечает: «В 1937 году А.Н.Колмогоров, совместно с И.Г.Петровским и Н.С.Пискуновым, публикует статью «Исследование уравнения диффузии, соединенной с возрастанием количества вещества, и его применение к одной биологической проблеме». Эта работа получила необычайно далекое развитие в разнообразных проблемах естествознания (в частности, в теории теплового распространения пламени, начала разработки которой принадлежали Я.Б.Зельдовичу и Д.А.Франк-Каменецкому, в теории горения и взрыва, теории распространения нервных импульсов и др.). Очень интересно отметить, что и здесь, как и в работе с Леонтовичем, Колмогорову принадлежало описание физической модели, а математическая теория была разработана, в основном, его соавторами. Колмогоров говорил при этом, что наглядным физическим процессом для описания биологической модели послужило распространение пламени в бикфордовом шнуре. («Я же видел, как горит бикфордов шнур!» - говорил Андрей Николаевич и, отправляясь от этого зрительного впечатления, он придумал дифференциальное уравнение, решение которого распространяется, сохраняя форму с постоянной скоростью») (В.М.Тихомиров, 2003). Об этой же аналогии А.Н.Колмогорова пишет Г.Ю.Ризниченко в книге «Математическое

моделирование» (1999): «Стремление к росту и размножению ведет к распространению в пространстве, занятию нового ареала, экспансии живых организмов. Жизнь распространяется так же, как пламя по степи во время степного пожара. Эта метафора отражает тот факт, что пожар (в одномерном случае – распространение пламени по бикфордову шнуру) описывается с помощью той же базовой модели, что и распространение вида. Знаменитая в теории горения модель ПКП (Петровского-Колмогорова-Пискунова) впервые была предложена ими в 1937 г. именно в биологической постановке как модель распространения доминирующего вида в пространстве. Все три автора этой работы являются крупнейшими российскими математиками» (Г.Ю.Ризниченко, 1999). В сущности, уравнение диффузии, от которого отталкивался А.Н.Колмогоров, есть не что иное, как знаменитое уравнение Фоккера-Планка. Мы уже говорили, что Адриан Фоккер (1914) нашел математическое уравнение, выражающее закон распределения электрических диполей в поле излучения, по аналогии с уравнением Эйнштейна (1906), описывающим поведение частицы, совершающей хаотические перемещения в процессе броуновского движения. Таким образом, можно сказать, что А.Н.Колмогоров вывел уравнение распространения доминирующего биологического вида в процессе эволюции по аналогии с уравнением А.Фоккера, выражающим закон распределения электрических диполей в поле излучения, или, по аналогии с уравнением А.Эйнштейна для броуновского движения.

**83) Аналогия Георга Хевеши.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1943 год Георг Хевеши (1923) пришел к идее об использовании метода меченых атомов (метода радиоактивных изотопов) для исследования химических процессов, протекающих в живых организмах, по аналогии со своими исследованиями, в которых метод меченых атомов применялся для изучения механизма химических реакций, протекающих за пределами живой клетки. В.Чолаков в книге «Нобелевские премии: ученые и открытия» (1986) отмечает: «Первоначально метод меченых атомов был применен для изучения механизма химических реакций. Используя излучение радиоактивного изотопа как индикатор, можно было установить, в какие молекулы переходит меченый атом. Впоследствии Хевеши успешно использовал радиоактивные изотопы и в физиологии – для исследования химических процессов, протекающих в живых организмах. Добавление малых количеств меченых атомов в пищу лабораторных животных или почву вблизи растений позволяло проследить путь атомов в сложных системах реакций обмена веществ организма» (Чолаков, 1986, с.69). Об этом же пишет В.П.Мельников в статье «Георг Хевеши» (сайт «Кругосвет»): «В том же 1923 году Хевеши сообщил, что с помощью радия-D и тория-B ему удалось проследить распределение свинца в растениях, далее он распространил свои исследования и на животных – это было первое применение радиоактивных индикаторов в биологии. Всего за 1913-1923 гг. Хевеши опубликовал около 50 работ, посвященных использованию радиоактивных индикаторов» (В.П.Мельников, сайт «Кругосвет»).

**84) Аналогия А.Ходжкина и В.Раштона.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1963 год А.Л.Ходжкин совместно с В.А.Раштоном (1946) разработал теорию проведения электрических импульсов в нервных волокнах по аналогии с теорией распространения кабельного тока. Дж.Николлс, А.Р.Мартин и другие авторы в книге «От нейрона к мозгу» (2003) пишут: «Анализ тока в кабеле был начат лордом Кельвином применительно к трансатлантической телефонной связи и усовершенствован Оливером Хевисайдом. В конце 19 века Хевисайд впервые учел значимость утечки тока через изоляционную оболочку, эквивалентную клеточной мембране, а также внес множество важных дополнений в кабельную теорию, в том числе определил понятие импеданса. Кабельная теория была впервые использована для нервных волокон Ходжкиным и Раштоном, которые экспериментально измерили распространение потенциала действия в аксоне омара с помощью внеклеточных электродов» (Николлс, Мартин и др., 2003, с.126). Об этой же аналогии пишет Л.Я.Бляхер в книге «История биологии с начала 20 века до наших дней»

(1975): «В дальнейшем создается более совершенная модель, базирующаяся на кабельной теории. Основой ее построения явилась некоторая физическая аналогия между распределением потенциалов в электрической кабеле и нервном волокне, поскольку и в том и в другом имеется хорошо проводящая сердцевина и плохо проводящая оболочка. Благодаря этой модели получила распространение точка зрения, согласно которой ведущую роль в проведении импульсов по нерву играет электрический потенциал, вызывающий перемещение ионов» (Бляхер, 1975, с.287). В другом месте той же книги Бляхер подчеркивает: «В 1952 г. А.Л.Ходжкин и Э.Ф.Хаксли предложили математическую модель для описания поведения мембраны нервного волокна и процесса распространения импульса (Нобелевская премия, 1963). В этой модели свойства мембранного генератора, определяющиеся проницаемостью мембраны для разных ионов, описываются системой линейных дифференциальных уравнений первого порядка. При описании процесса распространения нервного импульса они исходят из того, что по своей электрической структуре нервное волокно подобно кабелю...» (там же, с.582).

**85) Аналогия Кеффера Хартлайна.** Выдающийся нейрофизиолог, лауреат Нобелевской премии 1967 года Кеффер Хартлайн ввел термин «рецептивное поле» в теорию функционирования зрительной системы мозга по аналогии с понятием рецептивного поля, которое использовалось Чарлзом Шеррингтоном в теории рефлексов. «Сам термин «рецептивное поле» был исходно введен Шеррингтоном, - пишут Д.Николлс и А.Мартин, - по отношению к рефлексам и был перенесен в зрительную систему Хартлайном. Рецептивное поле нейрона зрительной системы может быть определено как зона сетчатки, при падении света на которую может изменяться активность данного нейрона» (Д.Николлс, А.Мартин, «От нейрона к мозгу», 2003).

**86) Аналогия Льва Зильбера.** Русский вирусолог Л.А.Зильбер догадался о том, что причиной тяжелого острого заболевания, часто заканчивавшегося смертью больных и распространенного на Дальнем Востоке, является укус клеща, когда заметил сходство (аналогию) кривой нарастания заболевания у коров от укуса клеща с кривой нарастания того же заболевания у людей. Л.Л.Киселев, Г.И.Абелев и Ф.Л.Киселев в статье «Лев Зильбер – создатель отечественной школы медицинских вирусологов» (журнал «Вестник Российской академии наук», 2003, том 7, № 7) воспроизводят рассказ Зильбера о том, как он раскрыл причину дальневосточного энцефалита: «После длительного расспроса больная вспомнила, что за 10-14 дней до заболевания она собирала в тайге прошлогодние кедровые орехи и, вернувшись домой, обнаружила у себя впившихся клещей. Этот единственный факт, с которым можно было связать ее заболевание, естественно, привлек мое внимание» (Л.Л.Киселев, Г.И.Абелев, Ф.Л.Киселев, 2003). Далее Зильбер отмечает: «Я полетел во Владивосток, чтобы хоть немного узнать что-то о клещах (я ничего не понимал в них тогда)... Там мне помогли, правда, только литературой, и я нашел в работе одного ветеринара кривую укуса коров клещами, которая совершенно совпадала с кривой нарастания заболевания у людей, только с опозданием на две недели; ясно, что это был инкубационный период» (Л.Л.Киселев, Г.И.Абелев, Ф.Л.Киселев, 2003).

**87) Аналогия Льва Зильбера.** Л.А.Зильбер (1944) высказал догадку о способности ряда высших организмов синтезировать вещества типа антибиотиков по аналогии с наличием такой способности у таких низших организмов, как плесневые грибы. Л.Л.Киселев и Е.С.Левина в книге «Лев Александрович Зильбер» (2004) пишут о влиянии на Зильбера его коллеги по работе З.В.Ермольевой: «Зинаида Виссарионовна много раз обсуждала с Львом Александровичем свою работу по пенициллину и Зильбер был в курсе последних достижений в этой области. Обладая широким биологическим мышлением, он мог легко предположить, что высшие организмы (животные) могут эволюционно пойти тем же путем, что и низшие организмы, например грибы, и вырабатывать антибиотики. Зильбер как человек действия

предпринял вместе с коллегами экспериментальную проверку этой идеи «по аналогии» (Киселев, Левина, 2004, с.345). В той же книге приводятся следующие слова Зильбера, написанные им в 1944 году: «При изучении механизма естественного иммунитета у нас возникло предположение о возможной роли в механизме этой формы иммунитета веществ антибиотического типа. Если плесневые грибки приобрели в процессе своей эволюции способность вырабатывать антибиотические вещества (пенициллин и др.), то подобный же процесс, сопровождающийся образованием веществ антибиотического типа, мог иметь место и при эволюции животных организмов. Мы пытались извлечь из животного организма подобные вещества» (там же, с.346).

**88) Аналогия Льва Зильбера.** Гипотеза русского вирусолога Л.А.Зильбера (1946) о возникновении рака (злокачественных опухолей) в результате интеграции генетического материала вирусов животных с клетками животного происхождения родилась у него на основе двух аналогий. Первая аналогия заключалась в том, что Зильбер уподобил процесс возникновения раковой опухоли явлению серологической трансформации протеев, которое было открыто Зильбером в 1923 году. В одном из своих опытов ученый обнаружил наследственно закрепленное превращение вульгарного протeya в сыпнотифозный. Зильбер пишет: «...Роль вируса в развитии опухолевого процесса сводится к тому, что он изменяет наследственные свойства клетки, превращая ее из нормальной в опухолевую, а образовавшаяся таким образом опухолевая клетка служит источником роста опухоли; вирус же, вызвавший это превращение, или элиминируется из опухоли благодаря тому, что измененная клетка является неподходящей средой для его развития, или теряет свою болезнетворность и поэтому не может быть обнаружен при дальнейшем росте опухоли... Весьма возможно, что принцип, аналогичный тому, какой действует при серологической трансформации микробов, действует и при трансформации вирусов...» (цит. по: Киселев, Левина, 2004, с.353). Вторая аналогия состояла в том, что Зильбер уподобил процесс возникновения рака явлению интеграции хромосом бактериофага с хромосомой бактерии, что происходит в процессе лизогении. Независимо от Зильбера похожую гипотезу высказал в 1960 г. Р.Дюльбекко. Он указал, что рак (канцерогенез) является следствием проникновения в хромосому клетки особого вируса, подобного вирусу, который проникает в бактерию и приводит к ее распаду. Л.Л.Киселев и Е.С.Левина в книге «Лев Александрович Зильбер» (2004) пишут о данной аналогии Зильбера: «Нуклеиновые кислоты опухолевых вирусов могут сообщать клетке генетическую информацию, необходимую для превращения ее в опухолевую. Этот тезис делает исходную концепцию Зильбера, во-первых, молекулярной, во-вторых, переводит проблему с вирусного на геномный уровень. По аналогии с лизогенизацией фага Зильбер прямо указывает, что эта, внесенная извне, вирусная генетическая информация интегрирует с геномом клетки» (Киселев, Левина, 2004, с.469).

**89) Аналогия Сирила Норманна Хиншелвуда.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1956 год Сирил Хиншелвуд (1946) ввел в биологию понятие кинетики размножения бактериальной клетки по аналогии с понятием кинетики цепных разветвленных химических реакций, заимствованным из физической химии. М.И.Тютюнник в статье «Сирил Норманн Хиншелвуд» (электронная библиотека учебных материалов по химии) констатирует: «В 1938 г., когда теория кинетики цепных реакций была в стадии развития, Хиншелвуд заинтересовался процессами роста бактерий в питательных и агрессивных средах (в основном непатогенных организмов). Эти исследования были предметом его внимания до конца жизни. Поведение бактерий описывается очень сложными законами. Хиншелвуд установил, что адаптация бактерий к среде автоматически регулируется энзимным балансом клетки. В дальнейшем идея получила математическое развитие с помощью «принципа местной интеграции» и теоремы «сети». Он показал также зависимость роста бактерий от концентрации углекислоты в газовой атмосфере, от присутствия токсичных веществ, аминокислот, влияния антибактериальных веществ и т.д., исследовал метаболизм,

репродукцию, наследственные изменения и кинетику размножения одноклеточных организмов. Результаты этих исследований описаны в монографиях «Химическая кинетика бактериальной клетки» (1946), «Рост, функционирование и адаптация бактериальных клеток» (1966, в соавторстве с А.Дином)» (М.И.Тютюнник, Интернет).

**90) Аналогия Жака Моно.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1965 год Жак Моно (1949) получил формулу, выражающую зависимость скорости роста и размножения бактерий в зависимости от концентрации субстрата, лимитирующего этот рост, по аналогии с формулой Михаэлиса-Ментен (1913). Эта формула описывает зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата, который необходим для работы данного фермента. В.В.Алексеев в статье «Биофизика сообществ живых организмов» (журнал «Успехи математических наук», 1976, том 120, выпуск 4) указывает: «Описание замедления скорости роста в зависимости от концентрации лимитирующего рост бактерий субстрата было дано Моно [18]. Для удельной скорости роста  $(1/n) dN/dt$  он использовал известное в энзимологии уравнение  $b = b_{\max} S/K_s+S$ , где  $S$  – концентрация субстрата, при которой скорость роста достигает половины максимальной. Величина  $b_{\max}$  соответствует значению удельной скорости роста популяции в экспоненциальной фазе» (Алексеев, 1976, с.652). Г.Ю.Ризниченко в книге «Математические модели в биофизике и экологии» (2003) пишет о формуле Моно, которую он вывел с помощью аналогии: «Модель Моно (4) по форме совпадает с уравнением Михаэлиса-Ментен (1913), которое описывает зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата при условии, когда общее количество молекул фермента постоянно и значительно меньше количества молекул субстрата:  $M(S) = M_0 S/K_m + S$ » (Ризниченко, 2003, с.19).

**91) Аналогия Джона Кейда.** Австралийский психиатр Джон Кейд (1949) пришел к идее о лечении человеческих психозов солями лития по аналогии с фактом успокаивающего действия карбоната лития на животных, который случайно обнаружил сам Кейд. В качестве подопытных животных Д.Кейд использовал морских свинок и крыс. Выдающийся физик, разработавший классификацию элементарных частиц, Ю.Нееман в статье «Наука эволюционирует по Дарвину?» (журнал «Химия и жизнь», 1994, № 8) пишет: «Лечебный эффект солей лития при маниакальном психозе открыл в 1949 году Ф.Дж.Кейд, австралийский психиатр. Он занимался изучением действия мочевой кислоты, про которую было известно, что она вызывает возбуждение. Вводя морским свинкам инъекции урата лития, Кейд обратил внимание на то, что морские свинки становятся не возбужденными, а совсем ручными. Отсюда Кейд сделал вывод, что литий – успокаивающий агент. Он сразу дал соответствующие дозы лития десяти госпитализированным больным с маниакальным психозом, шестерым больным шизофренией и трем страдавшим от депрессии. Состояние маньяков существенно улучшилось. На остальных больных литий не оказал никакого действия» (Ю.Нееман, 1994). М.Е.Вартанян в статье «Опыт лечения состояний возбуждения углекислым литием» (электронный сайт «Научный центр психического здоровья РАМН») указывает: «В практике психиатрических лечебниц соли лития применяются с 1949 г., когда австралийский исследователь Кейд, изучая в опыте на крысах явления, связанные с накоплением мочевины в организме и нейтрализуя их введением углекислого лития, случайно заметил, что введение повышенных доз лития вызывает у подопытных животных полуплетаргическое состояние. Это наблюдение натолкнуло автора на мысль применить углекислый литий для лечения состояний возбуждения у психических больных. Результаты, полученные при этом, были настолько убедительными, что заставили многих клиницистов серьезно заняться разработкой этого вопроса» (М.Е.Вартанян, Интернет). Рассматривая генезис идеи Д.Кейда о лечении человеческих психозов солями лития, мы имеем возможность наблюдать не что иное, как аналогию с фактором случая.



Д. Уотсон

«Даже у Архимеда, выскочившего из ванны, не было большего повода хвалиться своим открытием, чем у Уотсона и Крика, праздновавших 28 февраля 1953 года свою победу в небольшом пабе «Ореол». «Мы открыли секрет жизни», - все не мог прийти в себя Уотсон, опасаясь, что где-то была допущена ошибка. Но ошибки не было».

Мэтт Ридли о Д. Уотсоне и Ф. Крике

**92) Аналогия Джеймса Уотсона и Фрэнсиса Крика.** Лауреаты Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1962 год Д. Уотсон и Ф. Крик (1953) высказали идею о том, что молекула ДНК имеет форму двойной спирали, по аналогии с тем, что во время деления клетки хромосомные нити расщепляются на две части, разъединяются на две комплементарные цепи. Сама же догадка Уотсона и Крика о спиральной структуре молекулы ДНК возникла по аналогии со спиральным строением молекулы РНК вируса табачной мозаики и по аналогии со спиральной моделью молекулы белка, предложенной в 1951 г. Лайнусом Полингом – двукратным обладателем Нобелевской премии. Д. Уотсон в книге «Двойная спираль» (2001) пишет: «Наши беседы в обеденный перерыв вскоре сосредоточились вокруг одной темы: как же все-таки соединены между собой гены. Через несколько дней после моего приезда мы уже знали, что нам следует предпринять: пойти по пути Лайнуса Полинга и одержать над ним победу его же оружием. Успех Полинга с полипептидной цепью, естественно, натолкнул Фрэнсиса на мысль, что подобный фокус можно устроить и с ДНК» (Уотсон, 2001, с.35). Как указывают Е.В. Кузина, О.В. Ларина и другие авторы в книге «Энциклопедия открытий и изобретений человечества» (2006), «когда Дж. Уотсон говорил о том, что хочет объяснить структуру ДНК, его слова никто не воспринимал всерьез. В то время решение этой проблемы интересовало многих биологов и химиков. Дж. Уотсон сменил несколько университетов, но везде находил непонимание. Только в Кембридже Уотсон нашел единомышленника Фрэнсиса Крика. Ф. Крик поначалу не разделял энтузиазма своего нового друга. В тот период у ученого было много проблем, ему было необходимо как можно быстрее закончить свою диссертацию. Но потом его также увлекла данная проблема. Сначала Уотсон и Крик решили воспользоваться методом Лайнуса Полинга (этот известный американский химик в 1949-1951 гг. стал разрабатывать спиральные модели белковой молекулы. Он создал весьма точную модель молекулы из шариков, которые символизировали увеличенные в миллионы раз атомы)» (Кузина, Ларина, 2006, с.309). Об этом же говорит С.А. Мусский в книге «100 великих нобелевских лауреатов» (2006): «Уотсон и Крик подвергли анализу данные рентгеноструктурного анализа ДНК, сопоставили их с результатами химических исследований соотношения нуклеотидов в ДНК (правила Чаргаффа) и применили к ДНК идею Л. Полинга о возможности существования спиральных полимеров, высказанную им в отношении белков» (Мусский, 2006, с.348). Относительно важной роли другой аналогии – аналогии со спиральным строением РНК вируса табачной мозаики (ВТМ) – Д. Уотсон в той же книге пишет: «Теперь, когда спиральная структура ВТМ была у меня в кармане, я полагал, что сейчас-то Дельбрук безоговорочно одобрит мою приверженность к Кембриджу» (Уотсон, 2001, с.78). Примечательно, что спиральная модель белка, предложенная Л. Полингом (1951), возникла после соответствующих исследований лауреатов Нобелевской премии за 1947 год Герти Кори и Карла Кори. В электронной версии книги «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) указывается, что «в 1951 г. П. и Р.Б. Кори опубликовали первое законченное описание молекулярной структуры белков. Это был результат исследований, длившихся долгих 14 лет. Применяя методы рентгеновской кристаллографии для анализа белков в волосах, шерсти, мускулах, ногтях и других биологических тканях, они обнаружили, что цепи аминокислот в белке закручены одна вокруг другой таким образом, что образуют спираль. Это описание трехмерной структуры

белков ознаменовало крупный прогресс в биохимии» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**93) Аналогия Д.Уотсона и Ф.Крика.** Д.Уотсон и Ф.Крик пришли к идее о матричном синтезе молекулы ДНК по аналогии с гипотезой М.Дельбрука (Дельбрюка) и Э.Шредингера о матричном синтезе (копировании) молекул белка. М.Дельбрук и Э.Шредингер говорили о матричном копировании белков, так как считали, что молекулами наследственности являются белки. Д.Уотсон и Ф.Крик говорили о копировании ДНК, так как они уже были знакомы с исследованиями Эйвери, Мак-Леода и Мак-Карти о наследственной функции молекулы ДНК. В свою очередь, М.Дельбрук пришел к выводу о матричном синтезе белков под влиянием представлений Н.В.Тимофеева-Ресовского о том, что передача наследственных признаков обуславливается тем, что гигантские полимерные молекулы белка размножаются как кристаллы по принципу матриц. Эти представления Тимофеев-Ресовский воспринял от своего учителя Н.К.Кольцова, который впервые ввел в науку идею матричного синтеза в 1927 году в докладе на 3-ем Всесоюзном съезде зоологов, анатомов и гистологов. Симон Шноль в статье «Николай Константинович Кольцов», опубликованной в журнале «Знание - сила» (№ 12, 1996 г.), пишет: «Одна из самых ярких книг о науке – «Двойная спираль» Дж.Уотсона. Чего не хватало Ф.Крику в его попытках интерпретировать рентгенограммы ДНК, полученные Розалинд Франклин и Морисом Уилсоном? То, что это рентгенограмма спирали, Крик понимал. А модель не получалась... Не хватало идеи, матричной концепции для построения двойной спирали. Эту идею и привез в Лондон Уотсон, не захотевший заниматься биохимией в Дании у Г.Калькара. Этим построением не умоляются достоинства и заслуги этих великих исследователей, а лишь подчеркивается определяющее значение идеи, или, обобщенно, мысли, без которой самые совершенные измерения оказываются бесполезными. А траектория мысли здесь от ранних аналогий организмов с кристаллами, работ цитологов по роли хромосом в наследственности, работ Т.Моргана по линейному расположению генов к обобщающей концепции матричного синтеза Кольцова, переходящей от него посредством Тимофеева-Ресовского к Дельбруку и Шредингеру и от них к Уотсону и Крику – авторам одной из самых важных работ 20-го века» (С.Шноль, 1996). Эта мысль С.Шноля подтверждается М.В.Волькенштейном, который в статье «Дополнительность, физика и биология» (журнал «Успехи физических наук», 1988, том 154, выпуск 2) приводит следующий факт: «В недавней статье Макс Перутц, удостоенный Нобелевской премии за исследование структуры гемоглобина, показал, что идеи Шредингера были стимулированы работой крупнейшего биолога Н.В.Тимофеева-Ресовского, сделанной совместно с Дельбрюком и Циммером. Статья Перутца называется «Физика за рубежом» (Москва, 1988)» (Волькенштейн, 1988, с.296). Гипотеза Н.К.Кольцова о матричном копировании белков была ошибочной в том плане, что приписывала наследственные функции белкам, а не ДНК, и, тем не менее, она определила успех исследований Д.Уотсона и Ф.Крика по расшифровке механизма репликации ДНК.

**94) Аналогия Рагнара Гранита.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1967 год Рагнар Гранит (1957) сформулировал гипотезу о том, что частота звуковых колебаний, поступающих в орган слуха, кодируется частотой нервных импульсов, генерируемых нейронами этого органа, по аналогии с тем, что частота световых колебаний, падающих на сетчатку глаза, кодируется частотой нервных импульсов, генерируемых нейронами глаза. Р.Гранит в книге «Электрофизиологическое исследование рецепции» (1957) пишет: «К сожалению, такой же подробный анализ частоты импульсов в волокнах слухового нерва отсутствует. Использование частотного кода больше изучено в отношении зрения. Однако близкая аналогия между зрением и слухом указывает, что использование этого кода в обоих случаях основано на сходных принципах, и это само по себе является существенным фактом. Успехи, сделанные в одной области, должны иметь значение и в другой» (Гранит, 1957, с.289).

**95) Аналогия Джона Холдейна.** Английский биолог Джон Холдейн (1929) выдвинул гипотезу о том, что мощным фактором образования на Земле первых органических соединений были ультрафиолетовые лучи Солнца, по аналогии с лабораторными экспериментами, в которых химикам удалось наблюдать, как воздействие ультрафиолетовых лучей на смесь воды, двуокиси углерода и аммиака приводит к образованию различных органических соединений. Г.Э.Фельдман в книге «Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн» (1976) пишет об одной из работ Холдейна и цитирует фрагмент из этой работы: «В работе «Возникновение жизни» (1929) изложен ход абиогенного синтеза биологически важных молекул в условиях первичной Земли. «Известно, что при действии ультрафиолетовых лучей на смесь воды, двуокиси углерода и аммиака возникает множество различных органических соединений, в том числе сахара, а также, по-видимому, некоторые соединения, из которых образуются белки... Однако до того, как появилась жизнь, они, вероятно, накапливались, так что первичный океан достиг постепенно консистенции горячего жидкого бульона...» (Г.Э.Фельдман, 1976).

**96) Аналогия Александра Опарина.** Предположение А.И.Опарина (1924) о том, что первые углеводороды на Земле образовались в процессе взаимодействия карбидов железа с водяным паром, содержавшимся в древней атмосфере Земли, возникло у него по аналогии с идеей Д.И.Менделеева о неорганическом происхождении нефти («История биологии» под ред. Л.Я.Бляхера, 1975). А.И.Опарин в статье «Происхождение жизни на Земле» (журнал «Знание-сила», 1947, №№ 1-2) пишет: «Еще великий русский химик Дмитрий Иванович Менделеев в свое время доказал, что при взаимодействии карбидов, в частности карбидов железа с водяным паром, элемент углерод, входящий в состав карбидов, соединяется с водородом, входящим в состав воды, и при этом образуются углеводороды. Углеводороды же таят в себе громадные возможности. Это вещества, которые способны претерпевать самые разнообразные химические превращения. Используя их как исходный материал, мы можем в наших лабораториях искусственно приготовить те вещества, из которых построены тела животных и растений. Из углеводородов и воды химик может создать жиры и сахар, нежнейшие краски и тончайшие ароматы цветов» (А.И.Опарин, 1947). В статье «Преджизнь» (журнал «Знание-сила», 1971, № 3) цитируются слова Опарина: «В опубликованной около 40 лет назад (в 1924 году) книге я писал, что меня натолкнуло на эту мысль предположение Д.И.Менделеева о неорганическом происхождении нефти» («Знание-сила», 1971). Лорен Грэхэм в книге «Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе» (1991) говорит о мыслях Опарина относительно возникновения первых сложных органических веществ: «Важную роль в развитии этих мыслей Опарина сыграла теория карбидного происхождения нефти, выдвинутая за много лет до этого великим русским химиком Д.И.Менделеевым. Суть этой теории заключалась в том, что Менделеевым была предложена формула, показывающая возможность происхождения углеводородного метана в результате воздействия пара на карбиды металлов в условиях высокой температуры и давления:  $3\text{Al}_4 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + 4\text{Al}(\text{OH})_3$ . Согласно этой теории, метан, возникший из неорганического источника, претерпевал в дальнейшем целый ряд трансформаций, ведущих в конечном итоге к возникновению нефти» (Л.Грэхэм, 1991).

**97) Аналогия Александра Опарина и Джона Холдейна.** А.И.Опарин и Д.Холдейн высказали идею о том, что первые живые организмы, появившиеся на нашей планете, жили и размножались в бескислородной среде, по аналогии с открытием Луи Пастера, который в 1861 году обнаружил способность одноклеточных организмов инфузорий осуществлять маслянокислое брожение и бесконечно размножаться в анаэробных условиях. Л.Пастер в своей статье «Инфузории, живущие без свободного кислорода и вызывающие брожение», (сайт «Благодарное человечество своему благодетелю») пишет: «Существование инфузорий, обладающих свойством ферментов (возбудителей брожения), является уже само по себе

фактом, весьма достойным внимания. Но к нему присоединяется еще то странное явление, что эти маленькие животные, эти инфузории живут и бесконечно размножаются без того, чтобы явилась необходимость доставлять им хотя бы маленькие количества воздуха или свободного кислорода. Здесь было бы слишком длинно рассказывать, как я устроил, чтобы жидкие среды, в которых живут эти инфузории и которые кишат ими, совершенно не содержали свободного кислорода ни внутри, ни на своей поверхности. Это я тщательным образом устанавливал. Я прибавлю только, что я не хотел представлять свои результаты в Академию, не пригласив в качестве свидетелей некоторых из ее членов, которые, как мне кажется, признали точность показанных им экспериментальных доказательств. Эти инфузории не только живут без воздуха, но воздух их убивает» (Л.Пастер, Интернет).

**98) Аналогия Александра Опарина.** А.И.Опарин сделал заключение о возможности самопроизвольного усложнения молекул первичных органических веществ, существовавших на Земле до появления жизни, по аналогии с реакцией превращения формальдегида в сахар, которую открыл А.М.Бутлеров еще в 19 веке. Бутлеров обнаружил, что если оставить на непродолжительное время водный раствор формальдегида в присутствии малых количеств кальция, то раствор приобретает сладкий вкус. В наше время эту гипотезу развивает химик Валентин Пармон. Алексей Хадаев в статье «В начале был «сахар»» («Российская газета», № 3390 от 28 января 2004 г.) цитирует В.Н.Пармона: «Знаете, что лежит в основе главных молекул жизни – РНК и ДНК? Сахара! Они же являются важнейшими компонентами АТФ – основного переносчика энергии в клетках. Можно сказать, что именно реакция Бутлерова могла стать первым этапом зарождения жизни на Земле. Более того, другой формы жизни при этом просто не может возникнуть. Что же касается исходного вещества для такой реакции – формальдегида – то его на протоземле было довольно много. Он синтезируется в атмосфере при грозе, вулканической деятельности и т.п.» (Пармон, 2004, с.13).

**99) Аналогия Александра Опарина.** А.И.Опарин (1936) высказал предположение о том, что предшественниками первых одноклеточных организмов на Земле были белковые коацерваты, которые плавали в древнем океане, по аналогии с опытами химиков, которые в лабораторных условиях открыли коацерваты и заметили частичное сходство их свойств со свойствами одноклеточных организмов. А.И.Опарин в статье «Происхождение жизни на Земле» (журнал «Знание-сила», 1947, №№ 1-2) отмечает: «Сравнительно недавно удалось открыть, что белковые вещества при смешивании их водных растворов могут выделяться в виде мелких, видимых под микроскопом капелек, которые были названы коацерватами. Мы можем получить коацерваты искусственным путем, смешивая, например, растворы яичного белка или желатины с гуммиарабиком» (А.И.Опарин, 1947). Далее А.И.Опарин по аналогии переносит на коацерваты представление Ч.Дарвина о борьбе за существование: «Между капельками возникла прямая борьба за существование. Более просто устроенные, менее приспособленные капельки в этой борьбе рано или поздно погибали. Расти и размножаться далее могли только такие образования, которые в результате последовательных превращений приобрели очень сложное, но вместе с тем и очень совершенное внутреннее строение. Но это уже не были простые коацерватные капельки. Это были первичные организмы, простейшие живые существа – родоначальники всего живого на Земле» (А.И.Опарин, 1947). Лорен Грэхем в книге «Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе» (1991) пишет: «В работе 1924 г. Опарин не использует еще понятия «коацерват». Оно появляется в последующих изданиях этой работы, после того как Опарин знакомится с исследованиями процессов коацервации, осуществленными Г.Бунгенбергом-де-Йонгом» (Л.Грэхэм, 1991). «К 1936 г., - поясняет Л.Грэхэм, - Опарин уже мог извлечь пользу из работ Г.Бунгенберга-де-Йонга о «коацервации», в которых само это понятие было использовано с целью отличить явление коацервации от процессов обычной коагуляции» (Л.Грэхэм, 1991).

**100) Аналогия Александра Опарина.** Предположение А.И.Опарина о том, что механизмом совершенствования коацерватных капель, существовавших на ранних этапах развития Земли, был отбор тех из них, которые обладали наиболее полезным сочетанием химических реакций, возникло по аналогии с механизмом отбора организмов в теории Дарвина. В книге «Жизнь, ее природа, происхождение и развитие» (1968) А.И.Опарин пишет: «Для более или менее длительного существования в данных условиях внешней среды сохранились лишь те системы, индивидуальная организация которых обуславливала полезные для их существования сочетания химических реакций. Таким образом, уже на этой стадии эволюции материи возникал естественный «отбор» организованных коллоидных систем по признаку соответствия их организации задаче сохранения данной системы в условиях ее непрерывного взаимодействия с окружающей внешней средой. Под его контролем проходила дальнейшая эволюция индивидуальных органических систем, и поэтому она приобретала совершенно определенную направленность. Прежде всего, в результате этой направленной эволюции принципиально изменился самый характер устойчивости исходных коллоидных систем. Устойчивость первично возникших в водах земной гидросферы коацерватных капель могла быть основана вначале на тех же статических принципах, что и искусственно получаемых в лаборатории коацерватов из желатины и гуммиарабика» (А.И.Опарин, 1968).

**101) Аналогия Гарольда Юри и Стэнли Миллера.** Лауреат Нобелевской премии по физике Гарольд Юри и его соратник Стэнли Миллер (1953) предположили, что первые органические соединения образовались в первичном океане Земли при ударах молнии в океан, по аналогии со своими опытами, в которых прохождение электрического разряда через нагретую смесь воды, водорода, метана и аммиака приводило к синтезу альдегидов, аминокислот, муравьиной, уксусной и молочной кислот. Р.Наварро-Гонсалес в статье «Ключ к жизни: демонстрационный опыт по добиологической эволюции» (журнал «Химия и жизнь», 1995, № 1) пишет: «Во все времена человека интересовала тайна происхождения жизни. Но первый эксперимент, приближающий нас к разгадке, был поставлен лишь в 1953 г., когда Стэнли Л.Миллер из Чикагского университета, пропуская электрические разряды через смесь метана, аммиака, водорода и водяных паров, синтезировал аминокислоты – составные части всех белков. Смесь исходных веществ, по замыслу автора, должна была моделировать древнюю атмосферу планеты, которую пронизывали молнии многочисленных гроз. Уже в первых опытах Миллер наблюдал, как образуются альдегиды и циановодород. Он предположил, что аминокислоты могли образовываться из них по реакции Штреккера» (Р.Наварро-Гонсалес, 1995).

**102) Аналогия Сиднея Фокса.** Американский биолог Сидней Фокс (1950-е годы) выдвинул гипотезу о том, что первые полипептиды (белки) возникли на Земле в условиях высокой температуры, возможно, на склонах вулканов, по аналогии со своими экспериментами, в которых смешивание сухих аминокислот и нагревание их до 200°C в автоклаве приводило к образованию белков малой молекулярной массы. Б.М.Медников в статье «Парадокс миллиона обезьян» (журнал «Химия и жизнь», 1993, № 6) пишет: «Американский исследователь Х.С.Фокс смешивал сухие аминокислоты и нагревал их до 200°C; в результате получались полипептиды – цепочки из аминокислотных остатков, практически неотличимые от белков малой молекулярной массы. Мономеры в этих полимерах были распределены совершенно случайно, и в этой смеси вряд ли можно было найти две одинаковые молекулы. По-видимому, такие соединения – протеиноиды – легко возникали на начальном этапе существования Земли, например на склонах вулканов. Фокс и его сотрудник Л.Бахадур проверили, может ли смесь протеиноидов работать как фермент. Оказалось, что она проявляла активность, имитирующую функцию ферментов пирогликоксидазы, каталазы, АТФазы. Другие исследователи, многократно проверив опыты Фокса, пришли к выводу, что подобная смесь может имитировать функцию практически любого фермента» (Б.М.Медников, 1993).

**103) Аналогия Сиднея Фокса.** С.Фокс (1950-е годы) независимо от А.И.Опарина сделал предположение о том, что предшественниками первых одноклеточных организмов на Земле были протеноидные микрокапли, которые плавали в древнем океане, по аналогии с опытами по растворению протеноидов – цепочек аминокислот в воде и нагреванию их в автоклаве до температуры выше 130 градусов. Ю.В.Чайковский в книге «Эволюция» (2003) отмечает: «Несколько дальше продвинулся в 1950-е годы американский биохимик Сидней Фокс, показавший, что вместо нынешних белков можно брать протеноиды – цепочки аминокислот, которые он получал, нагревая смесь сухих аминокислот. Растворяя их затем в воде и нагревая крепкий раствор в автоклаве до огромной температуры, выше 130 градусов (запомним это!), он тоже получал микрокапли. Там некоторые ферментативные свойства наблюдались, однако, без добавления ферментов, причем у этих капель тоже возникали оболочки, и шло «деление клеток» (рис.2). Оно, ввиду отсутствия потребности во внесенных извне ферментах, могло идти довольно долго, но все же прекращалось по исчерпанию запаса протеноидов» (Ю.В.Чайковский, 2003).

**104) Аналогия Г.Шрамма.** Известный биохимик Г.Шрамм (1958) высказал гипотезу о том, что на поверхности Земли белковоподобные и нуклеиноподобные полимеры могли синтезироваться при помощи полифосфатов, которые легко вовлекались в простейшие механизмы сопряжения химических реакций, по аналогии со своими опытами. В этих опытах поликонденсация различных биологически важных соединений (некоторых пептидов, полисахаридов, нуклеотидов и нуклеозидов) происходила в безводной среде при температурах 55-60 градусов с применением эстерифицированных полифосфатов («История биологии» под ред. Л.Я.Бляхера, 1975).

**105) Аналогия Уэнделла Стэнли.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1946 год Уэнделл Стэнли высказал догадку о том, что «началом жизни» явилась молекула нуклеиновой кислоты, способная к внеклеточной репликации, по аналогии с экспериментами лауреата Нобелевской премии за 1959 г. А.Корнберга, установившего, что при определенных условиях ДНК может удваиваться и вне клетки. У.Стэнли считал, что появление первых организмов на земле шло путем молекулярной эволюции первоначально возникших молекул со случайным расположением мономеров в направлении образования молекул с их упорядоченной последовательностью («История биологии» под ред. Л.Я.Бляхера, 1975).

**106) Аналогия Уэндела Стэнли.** У.Стэнли пришел к идее о возможности исследовать структуру вируса табачной мозаики путем выделения его в кристаллической форме по аналогии с исследованиями лауреатов Нобелевской премии по химии за 1946 год Д.Самнера (1926) и Д.Норттропа (1929), которые впервые выделили в кристаллическом виде такие ферменты, как уреазы, пепсин и трипсин. В частности, Д.Самнер в 1926 году выделил в кристаллической форме из бобов особого вида первый фермент – уреазу, который разлагает мочевины до углекислого газа и аммиака, а Д.Нортроп в 1929 году сообщил о выделении кристаллического препарата пепсина, а затем трипсина и других ферментов. А.Н.Шамин и А.Хайдаров в статье «Джеймс Бачеллер Самнер, Джон Говард Нортроп, Уэнделл Мередит Стэнли» (электронная библиотека учебных материалов по химии) пишут о Стэнли: «Очень знаменательно, что установить природу вирусного тела, сделать первый принципиальный шаг в создании вирусологии удалось химику по образованию, посвятившему себя решению биологических проблем, американскому ученому Уэнделлу Мередиту Стэнли. Хотя он много интересовался проблемой природы вирусов, решающие эксперименты были стимулированы исследованиями Д.Норттропа и Д.Самнера. В 1934 г. Стэнли предпринял попытку выделить вирус не по традиционной микробиологической схеме, путем попыток вырастить его на искусственной среде, а используя методику выделения кристаллических ферментов. Из

тонны листьев табака, пораженных вирусом табачной мозаики (ВТМ), ему удалось выделить несколько граммов мелких иглообразных кристаллов» (А.Н.Шамин, А.Хайдаров, Интернет).

**107) Аналогия Манфреда Эйгена.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1967 год Манфред Эйген (1971) выдвинул гипотезу о том, что возникновение жизни на Земле стало возможным благодаря образованию сложных каталитических гиперциклов, имеющих многочисленные петли обратной связи и устойчивых к широкому диапазону внешних воздействий, руководствуясь аналогией со своими лабораторными исследованиями каталитических гиперциклов. Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003) указывает: «Особые системы реакций, которые изучал Эйген, известны как каталитические циклы. Катализатор служит веществом, которое повышает скорость химической реакции, но само при этом не изменяется. Каталитические реакции – важнейшие процессы в химии жизни. Наиболее распространенными и эффективными катализаторами являются ферменты, или энзимы, – существенные компоненты клеток, способствующие жизненно важным метаболическим процессам. Когда Эйген и его коллеги в 1960-е годы изучали каталитические реакции с участием ферментов, они заметили, что в далеких от равновесия биохимических системах, пронизанных энергетическими потоками, различные каталитические реакции объединяются, формируя сложные сети, в которых могут содержаться и замкнутые циклы. На рис.5-3 приведен пример каталитической сети, когда 15 ферментов ускоряют формирование друг друга таким образом, что образуется замкнутый, или каталитический, цикл. Эти каталитические циклы лежат в основе самоорганизующихся химических систем, подобных химическим часам, исследованным Пригожиным; кроме того, они играют существенную роль в метаболических функциях живых организмов. Они замечательным образом устойчивы и выдерживают широкий диапазон условий. Эйген установил, что в условиях достаточного времени и непрерывного потока энергии каталитические циклы обнаруживают тенденцию к сцеплению, формируя замкнутые петли, в которых ферменты, созданные в одном цикле, служат катализаторами в последующем цикле. Он ввел термин «гиперциклы» для тех петель, в которых каждый узел представляет собой каталитический цикл» (Капра, 2003, с.109-110). Экстраполируя по аналогии на добиологическую фазу эволюции эти каталитические гиперциклы, изученные в лаборатории, М.Эйген и пришел к предположению, что те же гиперциклы играли важную роль в процессе возникновения первых живых организмов на Земле. Ученый также руководствовался аналогией с теорией диссипативных структур И.Пригожина, перенеся из этой теории в свою концепцию каталитических гиперциклов понятия неравновесности, петель положительной обратной связи, самоорганизации.

**108) Аналогия Манфреда Эйгена.** М.Эйген (1971) постулировал существование отбора и на уровне каталитических ферментных циклов с обратными связями, опираясь на аналогию с дарвиновским механизмом отбора наиболее приспособленных живых организмов. М.Эйген предположил, что подобно тому, как в процессе эволюции видов между особями одинаковых или разных популяций происходит конкуренция, в которой выживают особи, наиболее адаптированные к условиям окружающей среды, так и между каталитическими гиперциклами происходит конкуренция за молекулы, служащие строительным материалом для этих циклов. Н.Климонтович в статье «Воздушные замки синергетики?» (журнал «Знание-сила», 1983 г., № 7) пишет об идеях М.Эйгена, проливающих свет на проблему возникновения жизни на Земле: «М.Эйген распространил на процессы, которые должны были происходить при этом эволюционном скачке, принцип дарвиновского естественного отбора, введя понятие «конкуренция гиперциклов», подразумевая под ними циклы химических реакций, приводящих к образованию первых белков. Пояснительный пример для иллюстрации рассуждений М.Эйгена может быть таким. Пусть имеется набор мономерных молекул. При их непрерывном тепловом движении всегда есть вероятность того, что рано или поздно некоторые из них «сцепятся» и образуют несколько полимерных молекул. В такой ситуации начинается конкуренция в борьбе за «пищу» между макромолекулами – за молекулы

мономеров. Если во всю эту картину вместо слов «макромолекулы» подставить слова «циклы реакций», то она несколько уточнится. По мысли Эйгена, конкурируют именно гиперциклы, которые делятся на более или менее эффективно работающие» (Н.Климонтович, 1983). Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003) пишет: «...Эйген совершил революционный переворот, применив дарвиновский подход к описанию эволюционных феноменов на добиологическом, молекулярном уровне» (Капра, 2003, с.111).

**109) Аналогия А.Дж.Кернс-Смита.** А.Дж.Кернс-Смит пришел к выводу, что в условиях формирующейся биосферы первые структурные элементы молекулы ДНК могли образоваться из синильной кислоты, по аналогии с экспериментами Х.Оро, проведенными в 1960-х годах. А.Дж.Кернс-Смит в статье «Первые организмы» (журнал «В мире науки», 1985, № 8) указывает: «Не менее убедительны результаты экспериментов Х.Оро, которые он провел в начале 60-х годов. Оро показал, что молекулы синильной кислоты HCN в одностадийной реакции могут конденсироваться с образованием аденина. Ранее Миллер продемонстрировал, что синильная кислота может образовываться в опытах с электрическими разрядами. При этом происходило образование малых молекул еще одного типа – формальдегида CH<sub>2</sub>O; а уже лет сто известно, что молекулы формальдегида также способны объединяться с образованием сахаров, таких, как рибоза, являющаяся одним из компонентов РНК» (А.Дж.Кернс-Смит, 1985).



«Наукой я начал заниматься отчасти потому, что этого хотел отец, но в такой же степени и потому, что испытывал к научной деятельности глубокое внутреннее призвание. С раннего детства окружающий мир непрестанно возбуждал мое любопытство, и я настойчиво пытался проникнуть в сущность того, что видел и слышал».

Норберт Винер

**110) Аналогия Норберта Винера.** Н.Винер (1948) пришел к выводу о сходстве функционирования технических систем и человеческого организма, о возможности их описания одним и тем же математическим языком, когда обнаружил, что и в системе управления огнем зенитной артиллерии, и в человеческом организме существенную роль играет обратная связь. Именно сходство системы управления огнем зенитной артиллерии и человеческого организма по признаку обратной связи натолкнуло Винера на реализацию единого подхода к описанию столь разных систем. С появлением первых электронно-вычислительных машин эта аналогия в руках Винера углублялась, приобретая новые черты. Об этой аналогии Винера пишут многие авторы. Е.Н.Зарецкая в книге «Риторика: теория и практика речевой коммуникации» (2002) отмечает: «Основоположник кибернетики Н.Винер, приступая к исследованиям в области конструирования логических машин, вдохновлялся такой, оказавшейся очень эффективной аналогией. «С самого начала, - пишет он, - я был поражен сходством между принципами действия нервной системы и цифровых вычислительных машин. Я не собираюсь утверждать, что эта аналогия является полной, и мы исчерпаем все свойства нервной системы, уподобив ее цифровым вычислительным устройствам. Я хотел бы только подчеркнуть, что в некоторых отношениях поведение нервной системы очень близко к тому, что мы наблюдаем в вычислительных устройствах» (Е.Н.Зарецкая, 2002). Александр Мелихов в статье «Великий кормчий» (журнал «Заметки по еврейской истории», № 4 (65), апрель 2006 г.) подчеркивает: «Именно развернутая аналогия между человеком и автоматом и принесла Винеру всемирную славу...» (А.Мелихов, 2006).

**111) Аналогия Норберта Винера.** Норберт Винер (1948) высказал идею о существовании условий очень сильной обратной связи, при которых человеческий организм попадает в режим сильных свободных колебаний, которые могут продолжаться до полной перестройки поведения организма. Тем самым Винер теоретически предсказал известное в медицине патологическое состояние, называемое интенциональным тремором и связанное с расстройством мозжечка, управляющего целенаправленной мышечной деятельностью человека. Как Винер пришел к этому предсказанию? По аналогии с одним из эффектов в области электрических цепей. Н.Винер в книге «Творец и будущее» (2003) описывает суть этого эффекта следующим образом: «...На определенном этапе при некотором большом значении коэффициента усиления в цепи обратной связи в системе самопроизвольно возникают колебания, система начинает вести себя совершенно диким образом, и зависимость реакции от нагрузки оказывается даже большей, а не меньшей, чем для систем без обратной связи» (Н.Винер, 2003). Основанием для проведения указанной аналогии послужила уверенность Винера в том, что процессы управления в человеческом организме определяются использованием отрицательной обратной связи так же, как эта обратная связь определяет процессы управления в электрических машинах.

**112) Аналогия Норберта Винера.** Н.Винер (1948) пришел к выводу о том, что нервные волокна являются не только переключателями устройств, но и входят составной частью в целую систему переключающих устройств, по аналогии со свойствами электрических цепей. В книге «Творец и будущее» (2003) Н.Винер пишет: «...Между нервным волокном, - пишет Винер, - и двумя и только двумя состояниями равновесия – существует определенная аналогия. Эта аналогия оказывается очень полной, так как уже задолго до того, как сигнал достигает конца нервного волокна, вся содержащаяся в нем полезная информация заключается лишь в числе импульсов, а не в их величине (т.е. интенсивности)» (Н.Винер, 2003). «Все эти соображения, - продолжает Винер, - заставили меня склониться к мысли, что нервная система человека является неким аналогом вычислительной машины, и я поделился своими соображениями с доктором Розенблютом и другими нейрофизиологами» (там же). «С самого начала, - признается Винер, - я был поражен сходством между принципами действия нервной системы и цифровых вычислительных машин. Я не собираюсь утверждать, что эта аналогия является полной... Я хотел бы только подчеркнуть, что в некоторых отношениях поведение нервной системы очень близко к тому, что мы наблюдаем в вычислительных устройствах» (Н.Винер, 2003).

**113) Аналогия Норберта Винера.** Н.Винер (1948) склонился к заключению о том, что альфа-ритм человеческого мозга выполняет функцию временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти, основываясь на нескольких аналогиях. Д.Б.Линдсли установил, что центральная нервная система воспринимает приходящие зрительные сигналы и отправляет в мышцы свои собственные импульсы со скоростью 1/10 секунды. В свою очередь, приблизительный период альфа-ритма мозга тоже составляет 1/10 секунды. Альфа-ритм мозга напомнил также Н.Винеру ритм развертки телевизионных систем. Т.М.Марютина и О.Ю.Ермолаев в книге «Введение в психофизиологию» (2007) пишут: «Основоположник кибернетики Н.Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм выполняет функцию временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти» (Марютина, Ермолаев, 2007, с.44). Сам Н.Винер в своей книге «Кибернетика» (1948) указывает: «Порядок частоты процесса соответствует ритму альфа-колебаний мозга, как видно из электроэнцефалограмм. Можно подозревать, что этот альфа-ритм связан с восприятием формы и носит характер ритма развертки, подобно ритму телевизионной аппаратуры» (Н.Винер, 1948).

**114) Аналогия У.Мак-Каллоха и У.Питтса.** Известные ученые Уоррен Мак-Каллох и Уолтер Питтс (1943) выдвинули гипотезу о способности нейронов осуществлять функцию логических входов и выходов по аналогии со способностью элементов цифровой электронной машины выполнять ту же функцию логических входов и выходов. Д.Хокинс в книге «Об интеллекте» (2007) констатирует: «В 1943 году в одном из влиятельных научных изданий была опубликована статья нейропсихолога Уоррена Мак-Каллоха и математика Уолтера Питтса. Ученые описали механизм осуществления нейронами цифровых функций, т.е. того, как нервные клетки могут воссоздавать формальную логику, положенную в основу работы компьютеров. Нейроны вполне могут выполнять функцию логических входов / выходов, как это принято называть у разработчиков электронно-вычислительной техники» (Хокинс, 2007, с.23). «Мак-Каллох и Питтс, - поясняет Д.Хокинс, - подчеркивали: вполне возможно, что нейроны тоже связываются между собой для выполнения тех или иных логических функций. Вероятно, они получают данные друг от друга, затем обрабатывают их и на основе обработки подают выходящие данные. Это означает, что нейроны являются живыми логическими входами. Таким образом, - продолжали развивать мысль двое ученых, - предположительно мозг по своему строению состоит из «И»-входов, «Или»-входов, а также других логических элементов, образованных нейронами, что само по себе аналогично структуре схем в цифровой электронной плате. Из публикации ясно, что исследователи лишь предполагали, что мозг так устроен, но не были в этом уверены» (там же, с.23). «...Ни у Мак-Каллоха, ни у Питтса, - продолжает Д.Хокинс, - не возник вопрос: а действительно ли нейроны взаимодействуют между собой именно таким способом? Несмотря на недостаток биологических доказательств, они выдвинули постулат, что мозг является разновидностью компьютера» (там же, с.23).

**115) Аналогия У.Мак-Каллоха и У.Питтса.** У.Мак-Каллох и У.Питтс (1947) независимо от Н.Винера выдвинули предположение о том, что альфа-ритм мозга отображает сканирование информации, поступающей от органов зрения, основываясь на сходстве (анalogии) между структурой основных пучков нервных волокон в зрительной и слуховой коре и схемами устройств для автоматического управления зенитным огнем. Эти схемы управления были разработаны в конце второй мировой войны. И.А.Шевелев в статье «Волновые процессы в зрительной коре мозга», опубликованной в журнале «Природа» (2001 г., № 12), говорит о Мак-Каллохе и Питтсе: «Авторы гипотезы сканирования предположили, что через каждые 100 мс в центре этого коркового экрана возникает волна возбуждения, которая распространяется за такое же время до его границ. Эта движущаяся волна суммируется в каждом нейроне с возбуждением, пришедшим из сетчатки глаза, тем самым повышая уровень деполяризации нервных клеток, расположенных все дальше от центра зрительной коры. В результате с корковой экранной структуры последовательно считывается, сканируется зрительная информация, которая передается затем в другие области коры, где производится дальнейший анализ информации и опознание образов. Авторы придавали весьма большое значение альфа-ритму и без лишней скромности назвали свою статью «Как мы познаем Вселенную. Восприятие слуховой и зрительной информации» (И.А.Шевелев, 2001). «Мысль о сканирующей волне, - поясняет И.А.Шевелев, - возникла не на пустом месте. Авторы заметили сходство структуры основных пучков нервных волокон в зрительной и слуховой коре со схемами устройств для автоматического управления зенитным огнем, разработанных в конце второй мировой войны. На это интересное совпадение обратил внимание и отец кибернетики Н.Винер, давший теоретической работе Питтса и Мак-Каллоха высокую оценку» (И.А.Шевелев, 2001).

**116) Аналогия Дональда Хебба.** Дональд Хебб (1949) сформулировал гипотезу о том, что теоретически возможной основой обучения может быть совпадение во времени активности пресинаптической и постсинаптической нервных клеток, по аналогии с исследованиями И.Павлова (1902), установившего, что основой образования условных рефлексов является

совпадение во времени условного (индифферентного) сигнала с безусловным подкрепляющим агентом. И.Павлов установил, что если звон колокольчика неоднократно будет совпадать во времени с моментом кормления собаки, то впоследствии звон колокольчика будет вызывать у собаки выделение слюны. Таким образом, Д.Хебб перенес на клетки механизм возникновения условных рефлексов, обнаруженный у разных организмов. Поэтому, как пишет В.В.Шульговский в книге «Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии» (2003), попытка разгадать клеточные механизмы обучения «привела исследователей к формулировке нового понятия в физиологии высшей нервной деятельности – «нейронные аналоги условного рефлекса». «По сути, - подчеркивает Шульговский, - Хебб переформулировал применительно к синапсу понятие временной связи, разработанное в школе И.П.Павлова» (В.В.Шульговский, 2003). Д.Хокинс в книге «Об интеллекте» (2007) дает очень простое и ясное определение механизма клеточного обучения Хебба: «Я упоминал ранее правило «обучения Хебба», названное так в честь Дональда Хебба. Сущность этого правила очень проста: когда два нейрона активизируются одновременно, синаптические связи между ними усиливаются. (Его легко запомнить как фразу «Возбуждены вместе – связаны вместе»). Сейчас мы знаем, что Хебб был прав» (Хокинс, 2007, с.161).

**117) Аналогия Михаила Николаевича Ливанова.** Выдающийся нейрофизиолог М.Н.Ливанов (1940-е годы) сформулировал идею о том, что показателем мыслительного процесса, происходящего в мозге, является синхронизация биоэлектрической активности нейронов, расположенных в разных областях мозга, по аналогии с фактом, обнаруженным самим М.Н.Ливановым при изучении условных рефлексов. М.Н.Ливанов заметил, что для образования условного оборонительного рефлекса области коры, связанные с осуществлением безусловной реакции, усваивают ритмы сигнальных раздражений и синхронизируют с ними свою электрическую активность. В зрительной коре появляются биоэлектрические колебания в ритме световых вспышек. Затем этот же ритм биоэлектрических потенциалов появляется и в коре двигательного анализатора. Обнаружив синхронизацию нейронной активности при образовании условных рефлексов, Ливанов по аналогии решил, что и в процессе мышления происходит та же синхронизация.



«Доктор Эндерс решил, что из его занятий английской литературой вряд ли выйдет что-нибудь выдающееся. Он видел, что его сосед по комнате занимается в своей лаборатории чем-то весьма увлекательным, и решил сменить тему своей диссертации. В результате он получил докторскую степень по бактериологии».

Фредерик Роббинс о Джоне Эндерсе

**118) Аналогия Джона Эндерса.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии за 1954 год Джон Эндерс (1948) пришел к мысли о защите выращиваемых в искусственной среде вирусов от бактерий с помощью антибиотиков, руководствуясь аналогией. В частности, Д.Эндерс действовал по аналогии с исследованиями А.Флеминга, Э.Чейна и Х.Флори, которые обнаружили возможность защищать организм животных и человека от бактериальных заболеваний с помощью тех же антибиотиков. В электронной версии книги «Лауреаты Нобелевской премии» (М., «Прогресс», 1992) в статье «Эндерс Джон» повествуется о достижениях Эндерса и его коллег: «Путем постоянного добавления новой питательной среды ученые смогли поддерживать клетки культуры в течение месяца, что вполне позволяло получить даже медленно растущий вирус эпидемического паротита. В значительной мере благодаря тому, что к этому времени Александром Флемингом, Эрнстом Б.Чейном и Хоуардом У.Флори был открыт пенициллин, а Зельманом А.Ваксманом – стрептомицин, исследователи смогли обойтись без сложных методов профилактики бактериального

заражения, разработанных Алексисом Каррелем. Поскольку эти антибиотики эффективно уничтожают бактерии, но не повреждают клетки млекопитающих, их сочетание практически исключало внедрение в культуру бактерии. Убедившись в том, что их методика давала возможность вырастить вирус эпидемического паротита, Эндерс и его коллеги решили культивировать вирус ветряной оспы» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**119) Аналогия Ф.Роббинса и Д.Эндерса.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1954 год Фредерик Роббинс совместно с Джоном Эндерсом (1948) пришел к идее о возможности успешного выращивания вируса полиомиелита в лабораторных культурах тканей человека по аналогии с экспериментами своего коллеги Томаса Уэллера, которому удалось успешно выращивать вирус ветряной оспы в культуре клеток человека. Кроме того, Ф.Роббинс и Д.Эндерс действовали по аналогии со своими собственными экспериментами, показавшими возможность выращивания возбудителя детской диареи в культуре тканей кишечника мыши. И в культуре клеток Т.Уэллера, и в культуре клеток Ф.Роббинса вирус ветряной оспы и возбудитель детской диареи успешно развивались из-за присутствия антибиотиков, которые защищали культуру клеток от бактериального заражения. Когда эти ученые по аналогии решили добавлять антибиотики в культуру тканей, где выращивался вирус полиомиелита, успех был гарантирован. В электронной версии книги «Лауреаты Нобелевской премии: энциклопедия» (1992) констатируется: «В процессе изучения эпидемического паротита Эндерс и Уэллер доказали, что вирусы могут размножаться в культивируемых клетках. Роббинс для своих первых работ по детской диарее изготовил культуры тканей кишечника мыши, а Уэллер использовал культуру клеток человека для выращивания вируса ветряной оспы. Впоследствии исследователи писали, что «в результате были созданы и всегда были готовы к использованию подобные культуры, и в то же время в соседней камере хранилась культура вируса полиомиелита Лансинг-штамма. Однажды мы осознали, что все уже готово, причем без каких-либо дополнительных усилий, для того чтобы снова попробовать выращивать вирус полиомиелита не в культуре нервной ткани». Попытка, предпринятая учеными, увенчалась успехом. В 1948 г. Роббинс, Эндерс и Уэллер установили, что вирус полиомиелита может быть выращен в лабораторных культурах тканей человека даже в отсутствие нервных клеток. Это открытие было очень важным для лечения полиомиелита у человека» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992). В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии» (2006) Ф.Роббинс вспоминает: «Я начал с того, что исследовал возможность использования культур тканей для культивирования вируса детской диареи: тогда это было большой проблемой. Доктор Уэллер, который начал работать в лаборатории раньше меня, пытался культивировать вирус ветряной оспы. Насколько я помню (доктор Уэллер вспоминает об этом несколько по-другому), мы как-то раз обсуждали тот факт, что полиомиелит инфицирует преимущественно кишечник. Поскольку у нас уже было несколько культур тканей, доктор Эндерс предложил нам поместить на них вирус полиомиелита. Вот так все это началось» (Харгиттаи, 2006, с.449). «Я решил начать, - поясняет Ф.Роббинс, - с культур тканей кишечника: ведь мы знали, что полиомиелит развивался именно там. В конце концов, выяснилось, что вирус полиомиелита растет на культурах почти любых клеток, и использовать ткани кишечника было необязательно» (там же, с.449).

**120) Аналогия Винсента дю Виньо.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1955 год Винсент дю Виньо пришел к выводу о возможности расшифровать строение пептидов с гормональной активностью, в частности окситоцина и вазопрессина на основе метода хроматографии, исходя из аналогии. Винсент дю Виньо рассуждал по аналогии с исследованиями лауреата Нобелевской премии за 1958 год Фредерика Сенгера, которому удалось определить последовательность аминокислотных остатков в инсулине с помощью того же метода хроматографии. Речь идет о методе распределительной хроматографии, разработанном А.Мартином и Р.Сингом в 1944 году. А.Н.Шамин в книге

«История химии белка» (2006) указывает: «Успех Сенгера вдохновил химиков на работы по изучению строения многих белков и биологически активных пептидов. Первые успехи были достигнуты при расшифровке структуры пептидов с гормональной активностью. Принцип Сенгера оправдал себя полностью. В 1953 г. В.Дю Виньо установил последовательность аминокислотных остатков в окситоцине... а затем в вазопрессине...» (Шамин, 2006, с.200).

**121) Аналогия Артура Корнберга.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1959 год Артур Корнберг пришел к выводу о существовании фермента, который осуществляет репликацию молекулы ДНК, по аналогии с фактом существования фермента (энзима), открытого лауреатами Нобелевской премии за 1947 год супругами Кори и ответственного за синтез гликогена. В книге И.Харгиттай «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии и медицинской химии» (2006) А.Корнберг вспоминает: «Модель Уотсона и Крика позволяла объяснить, как происходит транскрипция и репликация генетического материала. Я читал эту эпохальную статью в 1953 г., но она меня не переделала. И не она натолкнула меня на след фермента, который осуществляет репликацию ДНК. Несколькими годами раньше я отошел от изучения энзимов, которые синтезировали коэнзим – диниклеотид с пирофосфатной связью. Я был воодушевлен работой супругов Кори, которые впервые обнаружили энзим, ответственный за синтез полисахарида гликогена. Может быть, и я мог бы сделать то же для цепи ДНК? Я освоил технологию введения метки во все компоненты, которые могли быть строительными блоками ДНК» (Харгиттай, 2006, с.66).

**122) Аналогия Кристиана Анфинсена.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1972 год Кристиан Анфинсен сформулировал идею об использовании метода систематического наращивания цепочки аминокислот путем присоединения их одна к другой для определения связи между свойствами фермента и его аминокислотной последовательностью, руководствуясь аналогией. В частности, К.Анфинсен действовал по аналогии с тем, как другой Нобелевский лауреат Фредерик Сенгер использовал метод систематического отщепления отрезков аминокислот от полипептидной цепи инсулина для расшифровки аминокислотной последовательности всех полипептидных цепей этого белка. Кирилл Зеленин в статье «Анфинсен Кристиан Бемер» (сайт «Кругосвет») отмечает: «В середине 1950-х годов Анфинсен решил, что для понимания связи структура-функция необходимо изучить процесс сборки ферментов в живых организмах. Он предположил, что сможет определить связь между свойствами фермента и его аминокислотной последовательностью, если будет систематически наращивать цепочку аминокислот, присоединяя их одну к другой (таков был метод Нобелевского лауреата Ф.Сенгера) и измерять ее активность после каждой такой стадии. Для исследований он выбрал рибонуклеазу быка – фермент, синтезируемый в поджелудочной железе. Она расщепляет нуклеотидную цепочку рибонуклеиновой кислоты (РНК)» (К.Зеленин, сайт «Кругосвет»). Что касается метода Ф.Сенгера, то К.Зеленин в статье «Сенгер Фредерик» (сайт «Кругосвет») пишет: «Сенгер и приехавший из Вены Ганс Туппи разработали план установления последовательности чередования аминокислот в каждой полипептидной цепи инсулина. Разбив цепь на отрезки, эти ученые планировали установить аминокислотную последовательность каждого отрезка и, исходя из этой информации, аминокислотную последовательность всей полипептидной цепи. Сенгер первоначально использовал кислоту для разрыва цепи на отрезки, но вскоре обнаружил, что ферменты действуют намного точнее. Таким образом, Сенгер и Туппи сравнивали различные фрагменты цепи, полученные в результате применения разных ферментов, для расшифровки аминокислотной последовательности всей цепи» (К.Зеленин, сайт «Кругосвет»).

**123) Аналогия Аарона Клуга.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1982 год А.Клуг высказал идею о существовании зародышеобразующей последовательности в процессе сборки вируса табачной мозаики по аналогии с представлением об образовании зародышей

новой фазы, существующим в кинетике фазовых переходов в твердых телах. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука» (2006) А.Клуг вспоминает: «Моя докторская работа в лаборатории Кавендиша была посвящена кинетике фазовых переходов в твердых телах. Там нужно было использовать концепцию образования зародышей новой фазы. Это было много лет назад, но, наверное, какое-то представление о зародышеобразовании осталось у меня в голове. Поэтому я понял, что при построении модели сборки вируса табачной мозаики нужно разделить зародышеобразование и рост, и я реализовал в этой дискообразной белковой структуре источник зародышеобразования» (Харгиттаи, 2006, с.280). «Таким образом, - аргументирует Клуг, - стало ясно, что должна существовать зародышеобразующая последовательность; мои коллеги Батлер и Зиммерн это доказали» (там же, с.281). О важной роли стадии зародышеобразования, или нуклеации, говорит и другой лауреат Нобелевской премии Даниел Гайдюзек. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука» (2006) Гайдюзек подчеркивает: «Нуклеация (зародышеобразование) нужна даже для появления пузырьков в кипящей воде. Даже в процессах образования галактик, черных дыр, облаков темного вещества, звездных систем, звездных скоплений, ледников, горных хребтов, алмазов, рубинов, изумрудов, в процессах двойникования кристаллов кварца первой стадией обязательно должна быть нуклеация (образование ядер)» (Харгиттаи, 2006, с.401).

**124) Аналогия А.Клуга и Д.Каспара.** Аарон Клуг и Дональд Каспар пришли к выводу об устойчивости вирусных структур, имеющих форму икосаэдра, по аналогии с устойчивостью геодезических куполов известного архитектора и дизайнера Бакминстера Фуллера. Эти геодезические купола впервые демонстрировались на выставке технических достижений в Монреале в 1967 году. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) А.Клуг и Д.Каспар пишут: «Найденное нами решение было фактически подсказано геометрическими принципами, применявшимися Бакминстером Фуллером при строительстве геодезических куполов. Мы обратили внимание на сходство схем, лежащих в основе таких куполов, и икосаэдрических вирусов. Фуллер был пионером развития геометрии, ориентированной на физику и основанной на принципах эффективного дизайна. Рассматривая строение оболочек вирусов с точки зрения этих принципов, мы обнаружили, что правдоподобное допущение относительно требуемой степени квазиэквивалентности указывает на единственный способ построения изоразмерных оболочек из большого количества идентичных белковых субъединиц, причем это с необходимостью приводит к икосаэдрической симметрии» (Харгиттаи, 2003, с.319). Сам И.Харгиттаи подчеркивает: «Физическая геометрия Фуллера оказала значительное влияние и на других ученых, в частности на Аарона Клуга и Дональда Каспара в их пионерских исследованиях икосаэдрических вирусных структур...» (там же, с.319).

**125) Аналогия Хольгера Хидена.** Хольгер Хиден (1959) высказал идею об участии молекул ДНК и РНК в процессах сохранения информации в человеческой памяти по аналогии с участием ДНК и РНК в передаче наследственных свойств от организма к организму, что было установлено Эвери, Мак-Леод и Маккарти (1944), а также Херши и Чейз (1952). С.Роуз в книге «Устройство памяти: от молекул к сознанию» (1995) пишет: «Оказалось, что изменение поведения у животных, несомненно, сопровождается изменениями свойств РНК и белка в нейронах, но не в глиальных клетках. Хиден разработал теорию, согласно которой следы памяти хранятся в мозгу в виде структурно измененных молекул». Логику размышления Хидена можно описать словами того же Роуза: «Но если ДНК служит носителем генетической памяти, то почему бы ей или РНК или белку не быть также носителем памяти мозга? Эта основанная на игре слов логика нашла признание и в одновременно развивающейся иммунологии. (...) А коль скоро иммунологическую память также обеспечивают белки, нет ли сходства между действующими в обоих случаях механизмами?» (С.Роуз, 1995). Об этом же пишет Н.Н.Данилова в книге «Психофизиология» (2004): «Повышенный интерес к изучению молекулярных механизмов памяти в 50-60-х годах был

вызван работами известного шведского нейрхимика Х.Хидена, изучавшего роль рибонуклеиновой кислоты (РНК) в процессах памяти и положившего начало исследованию кодирования приобретаемого навыка последовательностью РНК» (Н.Н.Данилова, 2004). Примечательно, что физиолог Геринг еще в 1870 году проводил аналогию между памятью мозга и сохранением наследственных свойств. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса» (2003) пишет: «Еще в 1870 г. Геринг выдвинул гипотезу о памяти как всеобщей функции органического вещества, развил аналогию между сохранением наследственных свойств, упражнением, привычкой и памятью в психологическом смысле в целостную и стройную материалистическую картину. К нему примкнули Гекекель, Лейкок, Опп, Бутлер...» (Бернштейн, 2003, с.205).

**126) Аналогия Нильса Эрне.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1984 год Нильс Эрне (1955) выдвинул предположение о том, что специфичность антител к тем или иным антигенам заранее не предопределена, а формируется по механизму селекции, руководствуясь аналогией. В частности, Н.Эрне опирался на аналогию с теорией эволюции Дарвина, согласно которой способность животных адаптироваться к изменениям внешней среды также изначально не предопределена, а формируется по механизму естественного отбора. Интересно, что именно это предположение Н.Эрне заставило Ф.Бернета провести такую же аналогию и сформулировать известную клонально-селекционную теорию иммунитета. А.Сильверстайн в 1-ом томе книги «Иммунология» (1987) констатирует: «Первую, чисто биологическую, селективную теорию образования антител сформулировал в 1955 г. Нильс Эрне, который назвал ее теорией «естественного отбора». Эрне, как и раньше Пауль Эрлих, предположил, что в организме действительно синтезируется полный набор антител, но каждое из них образуется в небольшом количестве и независимо от какого-либо стимула поступает в кровь в виде «естественных антител» (Сильверстайн, 1987, с.65). «Теория естественного отбора, предложенная Эрне, - продолжает А.Сильверстайн, - привлекла на свою сторону лишь немного приверженцев инструктивных теорий, однако она имела большое историческое значение, так как дала стимул для теоретиков биологического направления. Действие этого стимула проявилось очень скоро, когда на протяжении трех лет Бернет, Дэвид Толмедж и Джошуа Ледерберг создали клонально-селекционную теорию образования антител» (там же, с.65). Говоря об объяснении механизма образования антител, предложенного Нильсом Эрне, то есть говоря о проведенной им аналогии, П.Медавар и Дж.Медавар в книге «Наука о живом» (1983) пишут: «...Весьма показательно, что одна из самых первых научных статей по этому вопросу, вышедшая из-под пера Нильса К.Эрне, была озаглавлена: «Теория естественного отбора в образовании антител» (П.Медавар и Дж.Медавар, 1983).

**127) Аналогия Франка Бернета.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1960 год Франк Бернет (1957) высказал гипотезу о том, что в основе способности иммунной системы животных и человека противостоять чужеродным агентам (антигенам) лежит процесс отбора из большого количества антител лишь самых эффективных, способных связывать и нейтрализовывать антигены, руководствуясь двумя аналогиями. Во-первых, Ф.Бернет действовал по аналогии с исследованиями датского иммунолога Н.Йерне (Эрне), который в 1955 году впервые предположил, что высокоспецифичные антитела возникают из малоспецифичного предшественника путем «естественного отбора». Во-вторых, Ф.Бернет мыслил по аналогии с идеями Ч.Дарвина, который в своей теории эволюции заявил, что развитие биологических видов происходит благодаря механизму отбора, который оставляет в живых лишь организмы, отличающиеся высокой адаптацией. Подобно тому, как факторы внешней среды отбирают из огромного разнообразия организмов наиболее приспособленных, рассуждал Ф.Бернет, так и антигены, являющиеся, по сути дела, теми же факторами среды, отбирают те антитела, которые способны связывать эти антигены. Указанная гипотеза Ф.Бернета позволила ему построить клонально-селекционную теорию иммунитета, в которой

слово «селекция» несет особую смысловую нагрузку. Г.И.Абелев в статье «История клонально-селекционной теории», опубликованной в журнале «Природа» (2002 г., № 11) пишет: «Антиген отбирает наиболее аффинные антитела, и процесс повторяется, приводя и к индукции соответствующих антител, и к повышению их специфичности. Процесс иммунизации – аналог естественного отбора, а антиген – его ведущий фактор. Так вновь появилась идея о предсуществовании антител и о сути иммунизации. Идея принадлежала датскому иммунологу Н.Йерне (Jerne) и была опубликована в 1955 г. Ее сильная сторона заключалась в новом подходе к специфичности: высокоспецифичные антитела возникают из малоспецифичного предшественника путем «естественного отбора». В остальном – в механизме памяти и толерантности, а также в конструктивности – большого прорыва не было. Но эта мысль была услышана Бернетом и дала недостающий толчок его представлениям. Он разместил популяцию предсуществующих антител в виде рецепторов на поверхности предшественников антителообразующих клеток так, чтобы рецепторы одной специфичности были на мембране одной клетки. Одна клетка – одно антитело. Антиген, попадая в организм, находит свой рецептор на своем предшественнике АОК и стимулирует его к пролиферации, образуя клон данной специфичности. При этом специфичность антителообразующих клеток непрерывно повышается в процессе иммунизации, так как отбираются специфичные варианты, обладающие более высоким сродством к антигену» (Г.И.Абелев, 2002).

**128) Аналогия Франка Бернета.** Франк Бернет впервые склонился к предположению о причастности тимуса к иммунным реакциям животного, отталкиваясь от следующего сходства (аналогии). В ходе своих исследований он подметил, что клетки тимуса, называемые тимоцитами, по своему внешнему виду очень похожи на лимфоциты, иммунологическая функция которых была раскрыта известным иммунологом Джеймсом Гоуэнсом. Другой посылкой предположения Бернета был тот факт, что в период эмбрионального развития антитела концентрируются в тимусе, но здесь уже использовались индуктивные и дедуктивные рассуждения.

**129) Аналогия Д.Тэлмеджа.** Американский исследователь Д.Тэлмедж практически одновременно и независимо от Ф.Бернета сформулировал идею о том, что высокоспецифичные антитела, способные нейтрализовать действие определенного антигена, возникают благодаря «естественному отбору», когда обратил внимание на сходство (аналогию) кривых образования антител и кривых экспоненциального размножения клеточной популяции. Г.И.Абелев в статье «История клонально-селекционной теории» (журнал «Природа», 2002 г., № 11), имея в виду принцип отбора антител, пишет: «Одновременно и независимо от Бернета тот же принцип был высказан американским исследователем Д.Тэлмеджем. Исследуя кривые образования антител, он увидел, что они идентичны кривым экспоненциального размножения клеточной популяции. На этом основании Тэлмедж предположил, что в основе продукции антител лежит пролиферация клона антителообразующих клеток, синтезирующих антитела определенной специфичности. Роль антигена заключается в том, чтобы найти и запустить в пролиферацию клон клеток, предназначенных к синтезу данных антител» (Г.И.Абелев, 2002).

**130) Аналогия Валентина Кринского.** Русский биофизик В.И.Кринский (1967) разработал математическую теорию колебательной деятельности сердечных мышц по аналогии с математической теорией автоколебаний лампового генератора А.А.Андропова. В разделе, посвященном истории открытий в области физики, мы уже говорили, что сам А.А.Андронов построил теорию автоколебаний лампового генератора по аналогии с теорией предельных циклов А.Пуанкаре. В.И.Кринский увидел аналогию между автоколебаниями сердца и автоколебаниями лампового генератора. Обоснованность проведения данной аналогии подсказывалась также сходством автоколебаний сердца и колебательных (периодических)

процессов, происходящих в химической реакции Белоусова-Жаботинского. Как известно, А.М.Жаботинский разработал математическую теорию этой реакции также по аналогии с теорией физических колебаний А.А.Андропова. Все это было хорошо известно В.И.Кринскому, который в 1980 году был удостоен Ленинской премии за разработку математического описания деятельности сердечной мышцы. А.А.Печенкин в статье «Мировоззренческое значение колебательных химических реакций» («Вестник Московского университета», серия 7, 2005, № 6) пишет: «Впоследствии В.И.Кринский занимался работой сердечной мышцы. Как и А.М.Жаботинский, он применял аппарат теории колебаний Мандельштама-Андропова и исходил из понятия автоколебаний. С 1967 г. он стал сотрудничать с А.М.Жаботинским, поскольку стало ясно, что «мы занимаемся одним и тем же». «Одним и тем же» в данном случае означает, что уравнения, описывающие оба этих процесса, идентичны» (А.А.Печенкин, 2005). Н.Потапова в статье «В поисках живого ритма» (журнал «Юный техник», 1980, № 10) цитирует В.И.Кринского, который говорит, что не знает, чья теория возникла раньше: теория А.М.Жаботинского, описывающая химические колебания, или теория В.И.Кринского, описывающая автоволны сердца: «Кто из нас первым пришел к открытию? Трудно сказать. Мы шли своим путем, химики своим. Но, несомненно, их работа по созданию химически возбудимой среды очень помогла нам. Реакция Белоусова-Жаботинского (название дано по имени ее создателей) была как бы химической моделью сердца» (Н.Потапова, 1980). Примечательно, что еще Ван дер Поль, сделавший первые шаги в формулировке нелинейной теории лампового генератора, заметил сходство этого генератора с работой сердца. И.Л.Радунская в книге «Крушение парадоксов» (1971) пишет: «Голландский ученый Ван дер Поль, сделавший существенный вклад в нелинейную теорию колебаний на первых этапах ее развития, обнаружил удивительную аналогию между работой сердца и лампового генератора электрических колебаний» (И.Л.Радунская, 1971).

**131) Аналогия Э.Кернера.** Э.Кернер (1971) разработал математический аппарат для описания биологических систем (биоценозов), когда по аналогии перенес в теорию экосистем аппарат статистической физики, развитый Виллардом Гиббсом. В.В.Алексеев в статье «Биофизика сообществ живых организмов» (журнал «Успехи физических наук», 1976, том 120, выпуск 4) отмечает: «Вопрос о возможности применения методов статистической физики и термодинамики к биологическим системам интенсивно обсуждается в физической литературе, так как биологические системы не являются равновесными. В состав биоценозов, как правило, входит большое число видов – многие сотни и даже тысячи. Поэтому еще Лоткой [10] было предложено использовать для описания экосистем аппарат статистической физики. Статистическая теория, использующая аппарат В.Гиббса для биологических ассоциаций, описываемых уравнениями В.Вольтерры, была построена Э.Кернером» (Алексеев, 1976, с.667).

**132) Аналогия Мото Кимуры.** Создатель нейтральной теории молекулярной эволюции М.Кимура (1955) нашел математические средства для исследования вероятности закрепления мутантных аллелей (генов) в популяции по аналогии с аппаратом уравнений Фоккера-Планка. Позже М.Кимура (1957) стал использовать в тех же целях обратное уравнение Колмогорова. В Статье «Кимура Мото» (электронная энциклопедия «Википедия») указывается: «Будучи аспирантом в Висконсине, он получил полное решение проблемы распределения частот аллелей под действием случайного дрейфа для произвольных начальных условий, используя диффузионное приближение, таким образом значительно расширив области применения теории Райта. Затем он расширил точное решение для случая с тремя аллелями и приближенное для произвольного числа аллелей. Он также развил анализ в других направлениях, включая отбор, мутации и миграцию. Изложение этих исследований было дано в статье, представленной на памятном симпозиуме лаборатории Колд Спринг Харбор в 1955 году. Туда же было включено элементарное решение диффузионного уравнения Фоккера-Планка, часто используемое нематематиками из-за своей простоты и наглядности. В 1957

году Кимура получил предложение написать обзорную статью для «Annals of Mathematical Statistics». В этой работе он впервые использовал обратное уравнение Колмогорова, что позволило рассчитывать вероятности закрепления мутантных аллелей в популяции» (энциклопедия «Википедия»). Здесь аналогия М.Кимуры перекликается с аналогией А.Н.Колмогорова, который в 1937 году совместно с И.Г.Петровским и Н.С.Пискуновым вывел нелинейное уравнение диффузии (нелинейное уравнение бегущей уединенной волны). А.Н.Колмогоров понял, что это уравнение является хорошей моделью динамики распространения нового биологического вида в пространстве биосферы.

**133) Аналогия Бернарда Стрелера и Альберта Милдвана.** Американские биофизики Б.Стрелер и А.Милдван (1960) предложили кинетическую теорию смертности живых организмов, когда обратили внимание на аналогию двух фактов: замедления старения при понижении температуры и замедления скорости любой химической реакции при понижении температуры. Б.Стрелер и А.Милдван сначала использовали при объяснении старения статистическую физику Д.Максвелла и Л.Больцмана, а затем привлекли уравнение Аррениуса, описывающее зависимость скорости химической реакции от температуры. Как известно, лауреат Нобелевской премии по химии за 1946 год Джон Нортроп и создатель теории поведенческих тропизмов Жак Леб (1917) пришли к выводу об увеличении продолжительности жизни животных при понижении температуры, индуктивно базируясь на опытах по изучению продолжительности жизни мух, содержащихся при пониженной температуре. А.Г.Голубев в статье «Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения» (журнал «Успехи геронтологии», 2009, том 22, № 1) пишет: «К кинетическим теориям смертности можно отнести теорию, предложенную в 1960 г. Б.Стрелером и А.Милдваном [46]. Надо ли уточнять, что эти авторы пришли (а не просто заглянули!) в биологию из физики? Приписав определяющую роль в смертности флуктуациям внешних условий, они предположили существование экспоненциального распределения живых организмов по силе претерпеваемых ими внешних воздействий» (Голубев, 2009, с.67). «Эвристические корни теории Стрелера-Милдвана, - отмечает А.Г.Голубев, - уходят в статистическую физику, а именно – к распределению Максвелла-Больцмана, описывающему распределение молекул по кинетической энергии. Решающую роль в концептуальном переходе от этого распределения к закону Гомпертца сыграло, по собственному признанию Б.Стрелера [47], уравнение Аррениуса, описывающее зависимость скорости химической реакции от абсолютной температуры:  $K = A * e^{E_a/R*T}$ , (3) где  $K$  – константа скорости реакции;  $A$  – предэкспоненциальный множитель;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура ( $K^\circ$ );  $E_a$  - энергия активации (активационный барьер)» (там же, с.68). Отметим, что закон Гомпертца – это математический закон старения, согласно которому интенсивность смертности возрастает экспоненциально во времени. Данный закон был сформулирован выдающимся английским демографом Бенджамином Гомпертцем (1825) при анализе таблиц смертности. Гомпертц заметил, что после 30 лет вероятность смерти человека через каждые семь лет удваивается. Аналогия Стрелера-Милдвана стимулировалась также тем, что и в уравнении Аррениуса, и в законе Гомпертца наблюдается экспоненциальное возрастание определенного параметра.

**134) Аналогия Г.И.Белла.** Г.И.Белл (1973) построил математическую модель иммунитета, описывающую процесс нейтрализации антигенов антителами, по аналогии с математической моделью борьбы за существование, разработанной В.Вольтеррой (1931). Уравнения, выведенные В.Вольтеррой, описывают взаимоотношения хищника и жертвы, живущих на одной территории. Отметим, что Г.И.Белл пришел к этой аналогии не сразу, а предварительно построив несколько моделей с большим количеством уравнений. Ю.М.Романовский, Н.В.Степанова и Д.С.Чернавский в книге «Математическая биофизика» (1984) пишут: «Первая модель Белла содержала шесть дифференциальных уравнений и описывала динамику иммунной реакции в целом. Далее модель последовательно усложнялась для

описания действия мультивалентных антигенов, толерантности высокой и низкой доз (для чего вводились пороговые ограничения сверху и снизу); рассмотрена также модель, содержащая несколько клонов лимфоцитов, различающихся по константам связи с антигеном (авидности). Системы уравнений становились все более высокого порядка (даже до 96-го!) и уже не поддавались аналитическому исследованию. Наверное, поэтому в 1973 г. появилась работа, содержащая всего два уравнения для концентраций антигена (Ag) и антител (Ab) – модель типа хищник-жертва...» (Ю.М.Романовский, Н.В.Степанова и Д.С.Чернавский, 1984).

**135) Аналогия А.Перельсона.** А.Перельсон (1978) разработал математическую модель процесса выработки антител против чужеродных агентов, попавших в организм, по аналогии с математической теорией оптимального управления, которая выросла, как известно, из математических исследований Л.С.Понтрягина. Ю.М.Романовский, Н.В.Степанова и Д.С.Чернавский в книге «Математическая биофизика» (1984), перечисляя направления математического описания явлений иммунитета, отмечают: «Четвертое направление содержит работы, в которых выработка антител рассматривается как задача оптимальной стратегии организма. Например, в интересной работе Перельсона рассматривается задача оптимальной стратегии: как распределить общую клеточную популяцию между размножающимися лимфоцитами и тупиковыми плазматическими клетками, чтобы элиминация антигена произошла за минимальное время» (Ю.М.Романовский, Н.В.Степанова и Д.С.Чернавский, 1984). «Работа интересна также потому, - пишут указанные авторы о модели А.Перельсона, - что в ней проводятся аналогии между задачей оптимальной стратегии в иммунитете и в других областях биофизики» («Математическая биофизика», 1984).



«Насчет идей я твердо уверен в одном. В любой области науки и искусства мне не нравятся безликие и робкие люди. Я предпочитаю иметь дело с такими людьми, как Лайнус Полинг, которые выдвигают сотни идей, причем четко их формулируют, пусть даже эти идеи часто оказываются ошибочными. Они быстро отказываются от ошибочной гипотезы, и тут же ухватываются за новую».

Карлтон Гайдузек

**136) Аналогия Даниэла Карлтона Гайдузeka.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1976 год Даниэл Карлтон Гайдузек (1963) пришел к идее о том, что причиной болезни «куру», поражавших папуасов острова Новая Гвинея, является медленный вирус, по аналогии с идеей Вильяма Хэдлоу (1959) о том, что медленный вирус является причиной почесухи (скрепи) – заболевания, поражающего овец. Изучая болезнь «куру» у жителей Новой Гвинеи, Д.Гайдузек периодически выступал с докладами, посвященными этиологии этой болезни. С одним из докладов ознакомился В.Хэдлоу. В 1959 году он сравнил симптомы «куру» и почесухи овец (скрепи) и обнаружил сходство между ними. Почесуха отличалась поражением мозга и исключительно длительными сроками инкубационного периода – обычно проходили годы между возможным заражением животных и появлением у них первых симптомов заболевания. Возбудитель почесухи получил название медленного вируса. Исходя из аналогии симптомов и того, что «куру» также поражает мозг, Д.Гайдузек предположил, что и возбудителем болезни «куру» является медленный вирус. Л.Верховский в статье «Нобелевские премии 1997 года» (журнал «Химия и жизнь», 1998 г., № 1) пишет: «В 50-е годы американский вирусолог Д.К.Гайдузек обследовал племя форе в Новой Гвинее, многие члены которого страдали смертельным дегенеративным заболеванием мозга, которое они называли «куру». Он заметил, что эта болезнь сходна с почесухой, встречающейся у овец и отличающейся очень длительным инкубационным периодом; поэтому ее возбудителя окрестили «медленным вирусом». Гайдузек предположил, что куру тоже вызывает подобный

вирус, болезнь передается при ритуальном поедании мозга умершего человека, что практиковалось в этом племени» (Л.Верховский, 1998). Когда Д.Гайдузек обратил внимание на то, что среди жителей Новой Гвинеи болезнь «куру» в основном поражает женщин и детей, среди которых распространен ритуал поедания мозга человека, умершего от «куру», он понял, что этот ритуал и является механизмом распространения загадочного заболевания. Не испытывавшие недостаток в протеине, мужчины практически не участвовали в этом ритуале. Помимо аналогии идея Д.Гайдузека о причине болезни «куру» имела и индуктивные посылки. В 1963 году ученый начал эксперименты по пересадке образцов тканей головного мозга умерших от «куру» людей человекообразным обезьянам. Ввиду длительного инкубационного периода только спустя два года у первых из экспериментальных животных появились признаки заболевания «куру». Успешная передача болезни от одного организма к другому с использованием образцов мозговой ткани, пораженной «куру», окончательно убедила Д.Гайдузека в его идее о связи между каннибализмом и инфекцией. Отметим, что позже усилиями ряда ученых, среди которых был и С.Прузинер, было установлено, что болезнь «куру» вызывается не медленно действующим вирусом, а медленно развивающимся в мозге аномальным белком (прионом). Тем не менее, именно первоначальная аналогия Д.Гайдузека позволила ему разгадать болезнь папуасов Новой Гвинеи.

**137) Аналогия М.Насса.** Американский биохимик М.Насс (1963) выдвинул гипотезу о том, что митохондрии многоклеточных животных произошли из клеточных структур бактерий, когда обратил внимание на сходство (аналогию) кольцевой ДНК митохондрий многоклеточных организмов и кольцевой ДНК бактерий. И.Северина в статье «Были ли митохондрии бактериями?» (журнал «Химия и жизнь», 1973, № 1) пишет: «В 1963 г. американский биохимик М.Насс и его сотрудники обнаружили, что в митохондриях есть своя собственная ДНК, причем, совершенно особенного строения. В отличие от обычной ДНК, представляющей собой двунитчатую спираль, эта ДНК замкнута в кольцо. Попытки обнаружить такую циклическую ДНК в ядрах многоклеточных организмов были безуспешны, ее знали к тому времени только в бактериях. Подробное сравнение митохондрий и бактерий неожиданно обнаружило многочисленные черты сходства между ними. И тогда М.Насс выдвинул идею о бактериальном происхождении митохондрий. Надо сказать, что идея эта не абсолютно нова. Еще в 1890 г. в Лейпциге вышла книга немецкого цитолога А.Альтмана «Элементарные организмы и их роль в клетке». Альтман, разглядывая в обычный микроскоп животные клетки, пришел к выводу, что митохондрии – это примитивные, саморазмножающиеся создания; он называл их биопластами...» (И.Северина, 1973).

**138) Аналогия Линн Маргулис.** Л.Маргулис (1966) высказала предположение о том, что одноклеточные организмы, имеющие ядро и названные эукариотами, произошли от одноклеточных организмов, лишенных ядра (прокариотов) путем симбиоза и объединения, исходя из сходства (анalogии) внеядерных генов, содержащихся в эукариотах, с генами прокариот. Р.Нудельман в статье «Чудеса симбиоза» (журнал «Знание-сила», 2000, № 3) пишет о взгляде Маргулис относительно симбиотического происхождения эукариот: «Сама Маргулис пришла к нему на основании нескольких биологических фактов. Маргулис обратила внимание на то, что у простейшего организма Парамеция аурелия существует так называемый ген-«убийца», передача которого по наследству происходит по иным правилам, нежели передача по наследству хромосомных генов. Оказалось, что этот ген содержится не в клеточном ядре Парамеции, а в ее цитоплазме, окружающей это ядро. У простейших уже обнаружено довольно много таких цитоплазмных генов. (...) Все эти факты побудили некоторых ученых выдвинуть осторожные догадки, согласно которым эти внеядерные гены являются остаточным генетическим материалом каких-то вирусов или бактерий, случайно попавших в клетку и «застрявших» в ней. Маргулис отбросила всякую осторожность и выдвинула радикально смелую гипотезу, утверждающую, что все такие «гены» являются в действительности частью отдельных (и весьма древних) живых организмов, по сей день

живущих внутри клеток более высокой сложности в симбиотическом сосуществовании с ними» (Р.Нудельман, 2000). И.С.Кулаев в статье «Происхождение эукариотических клеток» («Соросовский образовательный журнал», 1998, № 5) также дает понять, что аналогия внеядерных генов и других структур эукариот и прокариот натолкнула Маргулис на ее необычную гипотезу. При этом И.С.Кулаев отмечает, что ранее гипотеза о роли симбиоза формулировалась Фаминцыным и Мережковским, о которой вспомнили позже: «О ней снова вспомнили только после того, как в конце 50-х – начале 60-х годов биохимии получили данные о содержании в хлоропластах растений и митохондриях, выделенных из разных организмов, ДНК, отличной от ДНК ядер этих биологических объектов и похожей на ДНК прокариот (в частности, она имела кольцевое строение)» (И.С.Кулаев, 1998).

**139) Аналогия Кристиана Барнарда.** Выдающийся южноафриканский хирург Кристиан Барнард (1967) пришел к идее о возможности хирургической пересадки сердца от человека к человеку и провел впервые в мире такую пересадку по аналогии с хирургическими опытами великого русского биолога Владимира Демихова, который уже в 1951 году осуществляет пересадку сердца от собаки к собаке. К.Барнард всегда считал В.Демихова своим учителем. О том, что успех К.Барнарда определялся тем, что он по аналогии перенял у В.Демихова его огромный опыт с пересадкой различных органов, пишут многие авторы. Н.Васильева в статье «Кристиан Барнард: помощник бога» (еженедельник «Дело», 2004 г., № 2/2) отмечает: «Барнард часто повторял, что искусству трансплантации учился у российского хирурга Владимира Демихова, который первым пересадил сердце собаке» (Н.Васильева, 2004). Г.В.Лихачева в статье «У истоков трансплантологии» (газета «Биология», № 43, ноябрь 2002 г.) пишет о В.Демихове: «В лаборатории Владимира Петровича стажировались хирурги из США, Германии, других стран Европы, Южной Африки и Австралии. Дважды, в 1960 г. и 1963 г., приезжал в лабораторию Демихова Кристиан Барнард и ассистировал ему. Первая, ставшая известной на весь мир операция по пересадке сердца от человека человеку была сделана в декабре 1967 г. именно этим хирургом из Кейптауна, считавшим Демихова своим учителем» (Г.В.Лихачева, 2002). Об этом же говорит Б.Горелик в статье «Владимир Демихов и Кристиан Барнард: великие хирурги 20 века» (сайт «Русскоязычная русская Африка», 2006): «Сейчас уже широко известно о том, что Кристиан Барнард, южноафриканский хирург, впервые в мире осуществивший операцию по пересадке сердца человеку, считал своим учителем советского ученого Владимира Демихова» (Б.Горелик, 2006). Почему же сам В.Демихов не провел операцию по пересадке сердца от человека человеку? Причина банальна – администраторы от науки считали его работы не заслуживающими внимания и неоднократно пытались закрыть его скромную лабораторию, находившуюся в подвале Института имени Склифосовского. Г.В.Лихачева указывает причину, по которой отдельные люди чинили ему препятствия: «Но, как известно, у талантов бывают не только поклонники, но и завистники. Не могли простить, что не хирург, а биолог делает виртуозные хирургические операции, что строптив и не берет в соавторы сильных мира сего и, наконец, не партийный» (Г.В.Лихачева, 2002).

**140) Аналогия Уолтера Альвареса.** Известный американский ученый, сын лауреата Нобелевской премии по физике за 1968 год Луиса Альвареса Уолтер Альварес (конец 70-х годов 20 века) выдвинул гипотезу о том, что причиной гибели динозавров, исчезнувших на земле в конце мезозойской эры (65 миллионов лет назад), послужило падение на землю огромного метеорита, руководствуясь аналогией. У.Альварес обратил внимание на совпадение (аналогию) исторического периода, во время которого прекратилась эволюция динозавров, и периода, к которому относятся слои глины, необычайно богатые иридием – химическим элементом, содержащимся в больших количествах в космических телах. Е.В.Кузина, О.В.Ларина и другие в книге «Энциклопедия открытий и изобретений человечества» (2006) отмечают: «Интересную мысль высказал американский ученый, геофизик Калифорнийского университета (США) Уолтер Альварес. При изучении в конце 70-

х годов 20 века подводного каньона вблизи Губбио (Италия) он обнаружил в слое глины, относящемся к концу мезозойской эры, т.е. ко времени исчезновения динозавров, необычайно высокое содержание иридия, в 30 с лишним раз превышающее обычный уровень. Как считают ученые, этот элемент в некоторых космических телах встречается в тысячу раз чаще, чем в земной коре. Альварес предположил, что когда-то наша планета, перемещаясь по своей орбите, столкнулась с большим астероидом (диаметром около 10 км). Астероид с колоссальной скоростью врезался в Землю, после чего она обогатилась небесным иридием, а в атмосферу поднялось несметное количество пыли, заслонившей земную поверхность от Солнца. Острый дефицит солнечных лучей обусловил гибель растений, котрыми питались динозавры...» (Е.В.Кузина, О.В.Ларина и другие, 2006).

**141) Аналогия П.К.Анохина.** Идея выдающегося нейрофизиолога П.К.Анохина (1968) о принципиальной важности афферентации (обратной связи) в регуляции всех поведенческих актов животных возникла у него по аналогии с важной ролью афферентации в регуляции произвольных движений, что было установлено Н.А.Бернштейном (1966).

**142) Аналогия Ю.М.Конорского.** Известный польский нейрофизиолог, один из учеников И.П.Павлова, Ю.М.Конорский (1970) выдвинул предположение о существовании в мозге «гностических единиц» - нейронов, селективно настроенных на восприятие не элементарного признака, а сложной конфигурации признаков, руководствуясь аналогией. В частности, Конорский действовал по аналогии с исследованиями нейрофизиологов (У.Мак-Каллах, У.Питтс, Д.Леттвин, Х.Матурана, Д.Хьюбел, Т.Визел, 1959), которые обнаружили нейроны, избирательно реагирующие на отдельные стимулы. Конорский рассуждал: если существуют нейроны, избирательно возбуждающиеся в ответ на элементарные стимулы, то почему бы не быть нейронам, избирательно реагирующим на сложную конфигурацию стимулов, так называемым гностическим нейронам? Конорский решил, что работа этих нейронов определяет такие психические явления, как узнавание знакомого лица с первого взгляда, знакомого предмета, знакомого голоса по первому произнесенному слову, знакомого запаха, характерного жеста и т.п. Гипотеза Конорского получила частичное подтверждение после того, как в нижневисочной коре обезьяны были найдены нейроны, избирательно отвечающие на появление лица конкретного человека, на положение руки (жест), а также на различные предметы.

**143) Аналогия Эрвина Нейера (Неера) и Берта Сакмана.** Лауреаты Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1991 год Эрвин Нейер и Берт Сакман высказали идею о том, что электрические сигналы в нейронах и других клетках опосредуются белками в липидных плазматических мембранах, руководствуясь аналогией. В частности, они исходили из аналогии с тем, что в присутствии малых количеств белков искусственные липидные мембраны начинают хорошо проводить электрический ток. Нейер и Сакман и некоторые другие ученые решили, что если искусственные липидные мембраны превращаются в проводники тока при добавлении в них ничтожных количеств определенных антибиотиков или белков, то такой же механизм должен действовать и в естественных липидных мембранах нашего мозга. Отметим, что данную аналогию проводили не только Э.Нейер и Б.Сакман, но и многие другие ученые. Э.Нейер и Б.Сакман в статье «Метод пэтч-кламп» (журнал «В мире науки», 1992, № 5) пишут: «Мы заинтересовались ионными каналами под впечатлением двух интригующих публикаций в 1969 и 1970 гг., когда, будучи аспирантами, занимались биофизикой мембран в Институте психиатрии им.Макса Планка в Мюнхене. В этих статьях рассматривались искусственные липидные мембраны, которые в своей чистой форме являются электрическими изоляторами. Р.Бин с коллегами из корпорации Ford Aerospace в Ньюпорт-Бич, а также С.Хладки и Д.Хэйдон из Кембриджского университета показали, что включение в такие мембраны следовых количеств определенных антибиотиков или белков превращает их в проводники электричества» (Нейер, Сакман, 1992, с.16). «Многие

исследователи, - отмечают указанные авторы, - пришли к мысли, что электрические сигналы в нейронах и других клетках, возможно, опосредуются аналогичными белками в липидных плазматических мембранах» (там же, с.16).

**144) Аналогия Арвида Карлссона.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 2000 год А.Карлссон (1950-е годы) выдвинул гипотезу о том, что страшная болезнь Паркинсона у человека обусловлена недостатком нейромедиатора дофамина в мозге, основываясь на следующих фактах. А.Карлссон обратил внимание на сходство (аналогию) симптомов протекания болезни Паркинсона у человека и тех симптомов, которые возникают при нехватке дофамина у мышей. И в том, и в другом случае наблюдается утрата способности контролировать свои движения. Ю.Н.Елдышев и Е.В.Сидорова в статье «Нобелевские лауреаты – 2000: от познания тайн памяти и движения – к исцелению миллионов людей» (журнал «Экология и жизнь», 2000, № 5) отмечают: «Арвид Карлссон, профессор фармакологии университета Гетеборга (Швеция), еще в 50-е годы установил, что нейрогормон дофамин является медиатором и локализуется в базальных ганглиях головного мозга, которые контролируют движения конечностей. Эксперименты на мышах, терявших способность контролировать свои движения при недостатке дофамина, привели ученого к догадке, что страшная болезнь Паркинсона у человека обусловлена теми же причинами. Недостаток дофамина в организме можно устранить, вводя изомер дофамина - леводофу» (Ю.Н.Елдышев, Е.В.Сидорова, 2000).

**145) Аналогия Пола Грингарда.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 2000 год П.Грингард разработал модель фосфорилирования белков с участием вторичного посредника (протеинкиназы) для гормонов нервной системы по аналогии с моделью фосфорилирования белков, происходящей с участием вторичного посредника (протеинкиназы), предложенной Э.Сазерлендом для гормона инсулина. Г.Шеперд в 1-ом томе книги «Нейробиология» (1987) пишет: «Рецепторный белок – аденилатциклаза – активирует внутренний рецептор – протеинкиназу, которая катализирует фосфорилирование белка; завершается это изменением ионной проводимости мембраны. Такая модель со «вторым посредником», впервые разработанная для гормона инсулина Э.Сазерлендом и его сотрудниками в 50-х годах, была распространена на нервную систему П.Грингардом из Йельского университета» (Шеперд, 1987, с.226).

**146) Аналогия Николая Эммануэля.** Выдающийся физико-химик Н.М.Эммануэль (1954) сформулировал идею о том, что причиной роста раковых опухолей является воздействие на клетки и ткани свободных радикалов, образующихся в организме в ходе различных биохимических реакций, по аналогии с важной ролью свободных радикалов в цепных реакциях окисления органических веществ. В книге «Академик Николай Маркович Эмануэль» (2000) Д.Б.Корман детализирует аналогию Эммануэля: «Н.М.Эмануэль рассказывал, что к проблеме рака он обратился довольно случайно. Однажды он отдыхал где-то на юге, было межсезонье, стояла плохая погода. Гуляя по городу, он зашел в книжный магазин, увидел книгу «Успехи в изучении рака», купил ее и, по его словам, от скуки начал читать, увлекся. Во время чтения ему вдруг пришла мысль о поразительной схожести течения опухолевого процесса и протекания цепных реакций. Н.М.Эмануэль говорил, что эта мысль так увлекла его, что в последующие дни он только об этом и думал, перестал скучать и ко времени возвращения в Москву у него четко оформилось представление, что, с одной стороны, в возникновении и развитии рака важную роль должны играть свободные радикалы, а с другой – ингибиторы радикальных процессов могут быть эффективными противораковыми препаратами» (Корман, 2000, с.106). О том, что Эммануэль по аналогии перенес в теорию возникновения рака представления из теории окисления органических веществ, пишет и В.И.Гольданский. В той же книге он отмечает: «Богатый опыт исследования кинетики газофазных и жидкофазных реакций окисления органических

веществ, установление общих кинетических особенностей развития разных окислительных реакций, таких, как наличие периода индукции в реакции, макростадий, возможность катализа и ингибирования реакций различными добавками (в том числе ингибиторами-антиоксидантами), наличие в системе радикалов различной реакционной способности и другие – все это позволило Н.М.Эмануэлю в 1957 г. высказать мысль о целесообразности использования представлений и методов химической кинетики и для изучения закономерностей развития различных биологических процессов. Объектами его интересов стали первоначально два процесса: злокачественный рост и лучевое поражение» (Гольданский, 2000, с.28). Впоследствии Эмануэль выдвинул гипотезу о старении организма как результате разрушительного действия свободных радикалов в живых клетках по аналогии со своей идеей о важной роли радикалов в развитии рака. В аналогии Эмануэля мы видим пример гипотезы, которая возникла без стадии инкубации. До прочтения книги «Успехи в изучении рака» Эмануэль никогда не занимался проблемой этиологии рака, то есть его новой идее о механизме развития рака не предшествовала фаза длительных безуспешных поисков решения данной проблемы. Когда он обнаружил сходство (аналогию) процессов роста раковых опухолей и протекания цепных реакций окисления органических веществ, он впервые пришел к мысли о переносе результатов теории цепных разветвленных органических реакций в область изучения рака. Подобный перенос можно назвать безинкубационным. Таким образом, существуют аналогии без инкубации («творческой паузы»), без предшествующего периода безрезультатных поисков.

**147) Аналогия Эдварда Льюиса.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1957 год Эдвард Льюис (1957) выдвинул идею об отсутствии пороговой дозы облучения, ниже которой не происходит мутаций в соматических клетках под воздействием радиоактивных осадков, по аналогии с отсутствием такой пороговой дозы облучения для зародышевых (половых) клеток. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии» (2006) Э.Льюис вспоминает о своих исследованиях, посвященных доказательству опасного влияния радиоактивных осадков на соматические клетки: «Я цитировал знаменитую статью Г.Дж.Меллера, опубликованную в Science в 1928 г. В этой статье он сообщает о том, что рентгеновские лучи могут вызывать мутации в зародышевых клетках дрозофилы. Это открытие принесло ему Нобелевскую премию по физиологии и медицине 1946 г. Статья содержит пророческое замечание о том, что рентгеновские лучи могут также вызывать рак как результат мутаций в соматических клетках в противовес мутациям в зародышевых клетках. Так что можно было ожидать, что в результате выпадения радиоактивных осадков возрастет число заболеваний раком, если его вызывают соматические мутации и если начало заболевания не определяется пороговым значением облучения. Поскольку к 1957 г. стало ясно, что нет убедительных доказательств существования пороговой дозы облучения, ниже которой не происходит мутаций в зародышевых клетках, разумно было предположить, что такой пороговой дозы не существует и для соматических мутаций» (Харгиттаи, 2006, с.316). Примечательно, что Э.Льюис показал свою статью 1957 года с изложением степени опасности радиоактивных осадков, выпадавших в США в результате наземных ядерных испытаний, Лайнусу Полингу. Полинг использовал материалы этой статьи в ходе своей кампании за прекращение испытаний ядерного оружия. За эту кампанию Полинг получил в 1962 году Нобелевскую премию мира.

**148) Аналогия Эдварда Льюиса.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1957 год Эдвард Льюис высказал гипотезу о том, что мухи эволюционировали из насекомых, имевших четыре крыла, по аналогии с удивительной мутацией плодовой мухи дрозофилы, на которую Льюис обратил внимание в период своей школьной юности. Эта мутация состояла в том, что у дрозофилы появилась пара лишних крыльев. Позже ученый пришел к выводу, что это генетическое изменение показывает, какой была муха миллионы лет назад. Что касается ее нынешнего состояния, то с точки зрения Льюиса оно является результатом формирования

генов, подавляющих развитие второй пары крыльев. Сергей Иванов в статье «Гены формируют организм» (газета «Зеркало недели», № 48 (61), 2-8 декабря 1995 г.) пишет: «Эдвард Льюис вспоминает, что когда он был старшеклассником, на него произвела неизгладимое впечатление дрозифила с парой лишних крылышек. Учитель объяснил ему, что это результат естественной мутации. Потом были годы занятий биостатистикой в университете Миннесоты и генетикой в калифорнийском технологическом, где он изучал гены, регулирующие развитие отдельных частей организма» (С.Иванов, 1995). И.Ф.Жимулев в статье «Действие генов в раннем развитии дрозифилы» («Соросовский образовательный журнал», № 7, 1998) отмечает: «По мнению выдающегося американского ученого Эдварда Льюиса, мухи эволюционировали из насекомых, имевших четыре крыла, а насекомые, в свою очередь, произошли из членистоногих, имевших множество ног. В ходе эволюции мух у них должны формироваться несколько групп генов: тех, которые подавляют развитие ног на брюшных сегментах многоножкоподобных предков, а также генов, подавляющих развитие второй пары крыльев» (И.Ф.Жимулев, 1998).

**149) Аналогия Джеймса Лавлока.** Один из патриархов мировой экологии Джеймс Лавлок пришел к мысли о применении детектора электронного захвата для определения концентрации различных химических соединений, представляющих угрозу для окружающей среды, по аналогии с применением того же ионизационного детектора в газовой хроматографии. Д.Лавлок в статье «Заметки к истории вопроса» (электронный сайт Джеймса Лавлока) пишет: «В середине 1950-х годов, разрабатывая серию ионизационных детекторов для газовой хроматографии, я не имел ни малейшего представления, что один из них, детектор электронного захвата, окажет существенное влияние на развитие экологического мышления. Этот детектор был изобретен в 1957 г., и по настоящее время остается одним из наиболее чувствительных методов аналитической химии; более того, он обладает специфической чувствительностью в отношении химических соединений, представляющих угрозу окружающей среде. Применение детектора привело к открытию повсеместного присутствия химических остатков пестицидов в природной среде. (...) В дальнейшем детектор обнаружил и позволил измерить переизбыток Пи-Си-Би, хлорофлуорокарбониров и нитро-оксида в атмосфере. В последние годы детектор позволил реализовать систему маркерных технологий для атмосферы и океанов» (Д.Лавлок, Интернет).



«Я очень рано прочла книгу Пола де Крайфа «Охотники за микробами». Она оказала на меня огромное влияние. Я уверена, что и сегодня она может сильно впечатлять детей. Эту книгу необходимо читать. Однако главным стимулом стала смерть моего дедушки от рака, когда мне было 15 лет, и я поступила в колледж. Тогда я решила стать химиком и найти средство от рака».

Гертруда Элайон о себе

**150) Аналогия Гертруды Элайон.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1988 год Г.Элайон (1951) пришла к выводу о том, что важным условием блокирования синтеза ДНК является использование соединений, структурно похожих на природные компоненты ДНК и способных замещать эти компоненты, по аналогии с тем, что условием и причиной высокой антибактериальной активности сульфонамидов является их структурное сходство с метаболитической пара-аминобензойной кислотой, которая важна для жизнедеятельности бактерий. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) Г.Элайон вспоминает о своей работе с другим лауреатом Нобелевской премии Д.Хитчингсом: «К тому времени, когда мы начали работать вместе, было известно, что высокая антибактериальная активность сульфонамидов обусловлена их

ролью антагонистов метаболической пара-аминобензойной кислоты. Они очень близки по структуре – различие заключается в замене карбоксильной группы сульфонамидной группой. Мы исходили из того, что, если мы получим соединения, очень похожие на природные пурины и пиримидины, они смогут препятствовать образованию ДНК. Идея состояла в том, чтобы помешать делению бактерий, опухолевых клеток, малярийных паразитов и т.п., так как все, что размножается, чтобы выжить, должно производить ДНК» (Харгиттаи, 2003, с.59). Впоследствии эта аналогия Г.Элайон подтвердилась на основе эксперимента и индукции. «...Вскоре мы обнаружили, - говорит Элайон, - что соединения определенного типа действуют на малярию и на бактерии, а другие соединения – на опухоли. Пурины оказались эффективными в отношении опухолей и даже некоторых вирусов, а пиримидины проявились как антибактериальные и антималярийные средства. Сначала мы не понимали причин, по которым они обладают этими свойствами, но вскоре обнаружили, что активны лишь диаминопиримидины с различными боковыми цепями» (там же, с.59).

**151) Аналогия Гертруды Элайон.** Г.Элайон высказала догадку о возможности использовать диаминопиримидины с различными боковыми цепями в качестве веществ, препятствующих росту раковых опухолей, по аналогии с использованием данных веществ для приостановки роста бактерий. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы со знаменитыми химиками» (2003) Гертруда Элайон вспоминает: «Мы заключили соглашение с учеными Института Слоун-Кеттеринг, у которых были культуры опухолей, развивающихся в организмах мышей, и попросили их испробовать соединения, которые казались нам многообещающими. Если эти соединения работали в Лактобациллус касеи и приостанавливали ее рост, то они могли препятствовать и росту опухоли. В то же время, если попробовать соединение на мышах, можно увидеть, токсично ли оно для мыши и можно ли воздействовать на опухоли, не повредив самой мыши» (Харгиттаи, 2003, с.59). «...Вскоре мы обнаружили, - аргументирует Г.Элайон, - что соединения определенного типа действуют на малярию и на бактерии, а другие соединения – на опухоли. Пурины оказались эффективными в отношении опухолей и даже некоторых вирусов, а пиримидины проявились как антибактериальные и антималярийные средства. Сначала мы не понимали причин, по которым они обладают этими свойствами, но вскоре обнаружили, что активны лишь диаминопиримидины с различными боковыми цепями. Диаминопиримидины оказались антагонистами фолиевой кислоты, но структура фолиевой кислоты тогда была неизвестна. Мы знали, что, если дать фолиевую кислоту бактерии Лактобациллус касеи, ей уже не надо давать пурины или пиримидины» (там же, с.59).

**152) Аналогия Джона Вейна.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1982 год Джон Вейн (1971) выдвинул гипотезу о способности аспирина ингибировать (подавлять) фермент, обеспечивающий синтез простагландинов в организме, по аналогии со способностью аспирина ингибировать высвобождение в тканях вещества, вызывающего сокращение аорты у кролика. Основанием для проведения данной аналогии послужило открытие лауреатов Нобелевской премии Бергстрема и Самуэльсона: они установили, что простагландины влияют на состояние просвета кровеносных сосудов. Здесь аналогия Вейна весьма похожа на дедуктивный вывод: простагландины влияют на состояние просвета кровеносных сосудов, аспирин ингибирует процесс сокращения кровеносных сосудов (аорты) у кролика, следовательно, аспирин ингибирует синтез простагландинов. В книге И.Харгиттаи «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии» (2006) Д.Вейн вспоминает: «Мы также открыли неизвестное вещество, вызывающее сокращение аорты у кролика, и мы его так и назвали: rabbit aorta contracting substance или, сокращенно, RCS. Эта аббревиатура имела двойной смысл, поскольку мы работали в Королевском хирургическом колледже (Royal College of Surgeons). Мы показали также, что аспирин ингибирует высвобождение RCS. Нас настолько взволновал этот факт, что мы не обратили внимание на то, как он влияет на выделение простагландинов. Именно данные этих экспериментов в то время, когда я писал

обзор по действию простагландинов, подсказали мне мысль о том, что, возможно, аспирин тем или иным образом влияет на процесс их выделения. Я подумал: а что если аспирин влияет на образование простагландинов? Для этого он должен ингибировать фермент, обеспечивающий их образование в организме. В понедельник утром я пришел в лабораторию, собрал несколько сотрудников и сказал: «Мне кажется, я знаю, как работает аспирин. Он ингибирует фермент, который делает простагландины, а RCS – возможно, тоже простагландин» (Харгиттай, 2006, с.496). Но гипотеза Джона Вейна о блокирующем действии аспирина на синтез простагландинов опиралась не только на аналогию, но и на индуктивные посылки. Известный ученый Сальвадор Монкада описывает эксперименты, наводившие на указанную гипотезу: «Потребовалось около недели, чтобы показать, что аспирин действительно блокирует реакции, вызываемые арахидоновой кислотой. В лаборатории это вызвало большое волнение, потому что эксперименты самого Джона ясно показывали, что в гомогенатах легких аспириноподобные лекарственные средства блокируют синтез простагландина. И в то же самое время исследования Смита и Уиллиса также показывали, что у людей прием аспирина блокирует производство простагландинов тромбоцитами. И тогда Джон попросил меня присоединиться к серии экспериментов, проводившихся им и Серджио Ферейрой с собачьей селезенкой. В этих экспериментах мы показали, что аспирин и индометацин ингибируют высвобождение этим органом простагландинов» (Харгиттай, 2006, с.509).

**153) Аналогия Томаса Догерти.** Американский биолог Томас Догерти (1975) пришел к мысли о фотодинамическом лечении рака по аналогии с опытами Аарона Лернера и Томаса Фицпатрика по фотодинамическому лечению псориаза и других кожных заболеваний. Хелена Райдер в статье «Вампиры помогают медицине» (журнал «Иллюминатор», 2004, № 1 (9)) пишет: «В 60-е годы американские дерматологи Аарон Лернер из Йельского университета и Томас Фицпатрик из Гарвардского университета предложили активировать псоралены (фоточувствительные химические вещества, содержащиеся в некоторых зерновых культурах и фруктах – Н.Н.Б.) ультрафиолетовыми лучами (УФ). Они применили ультрафиолетовую лампу (такую же, как используют сегодня в соляриях) и разработали метод ПУВА терапии (псорален + УФ с длиной волны А), один из наиболее эффективных при лечении псориаза и других кожных заболеваний. Возникал закономерный вопрос: если псоралены способны убить отдельные клетки, участвующие в процессе воспаления, смогут ли более чувствительные порфирины уничтожать целые опухоли? В 70-х годах, на заре успеха ПУВА терапии Томас Догерти из Института раковых заболеваний в Буффало попробовал воздействовать на пигмент светом, чтобы побороть рак» (Х.Райдер, 2004). Таким образом, Т.Догерти по аналогии перенес способ фотодинамической терапии из дерматологии в онкологию. Интересно, что А.Лернер, чьи результаты перенес в онкологию Т.Догерти, является ученым, который открыл гормон эпифиза мелатонин. А.М.Хелимский в статье «Вместилище души» (журнал «Химия и жизнь», 1980, № 12) пишет: «В поисках новых косметических средств для осветления кожи, так необходимых, например, для извечной борьбы с веснушками, американские исследователи А.Б.Лернер и Дж.Аксельрод обратили внимание на эпифиз – ведь уже давно было замечено, что от его экстракта светлеют головастики! Переработав несколько десятков тысяч шишковидных желез крупного рогатого скота, они, в конце концов, извлекли из них несколько граммов вещества, обладавшего мощным осветляющим действием, - оно получило название мелатонина. Мелатонин стал первым из известных гормонов эпифиза» (А.М.Хелимский, 1980).

**154) Аналогия Фериды Мурада.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1998 год Ферид Мурад высказал предположение о том, что в клетках живых организмов так называемый Ц-ГМФ - циклический гуанозинмонофосфат, являющийся вторичным посредником (медиатором) для большого количества гормонов, запускается оксидом азота (NO), руководствуясь следующей аналогией. В книге И.Харгиттай «Откровенная наука:

беседы с корифеями биохимии» (2006) Роберт Фурхготт говорит об аналогии Ф.Мурада: «Все знали, что такие вещества, как нитроглицерин и нитропруссид, дают хороший расслабляющий эффект. Ферид Мурад провел некоторые предварительные исследования того, как так называемые нитровазодилаторы стимулируют гуанилциклазу, которая производит Ц-ГМФ (циклический гуанозинмонофосфат). Приняв во внимание тот факт, что тот же эффект дает и NO сам по себе во внеклеточной среде, он предположил, что все эти нитровазодилаторы, такие как нитроглицерин, нитропруссид и даже нитрит натрия стимулируют этот фермент путем выделения оксида азота» (Харгиттаи, 2006, с.521).

**155) Аналогия Стивена Гоулда.** Стивен Джей Гоулд (1972) разработал теорию прерывистого равновесия (теорию эволюции рывками), согласно которой новые виды организмов создаются не путем постепенной, равномерной эволюции, как считал Дарвин, а в результате скачкообразного быстрого процесса, при котором группа организмов уходит в сторону от стабильной родительской популяции и вступает на свой собственный генетический путь. Как он пришел к этой теории? По аналогии с некумулятивной моделью развития науки Томаса Куна (1962), который считал, что новые теории и парадигмы создаются не постепенно, а в виде революций, существенно меняющих облик науки. Д.Хорган в книге «Конец науки» (2001) указывает: «Гоулд признал, что его подход к эволюционной биологии был частично навеян «Структурой научных революций» Куна, которую он прочел вскоре после опубликования в 1962 году. Книга помогла Гоулду поверить, что он, молодой человек из «низшего среднего класса из района Куинс, где никто не посещал колледж», может сделать важный вклад в науку» (Д.Хорган, 2001).

**156) Аналогия Дж.Макго и П.Гоулда.** Дж.Макго и П.Гоулд (1976) пришли к выводу о том, что эффективность процессов памяти максимальна при средних уровнях активации, когда по аналогии перенесли в теорию памяти закон Йеркса-Додсона (1908). Проводя эксперименты по исследованию поведения мышей, Р.Йеркс совместно с Д.Додсоном установили зависимость продуктивности выполняемой деятельности от уровня мотивации. По мере увеличения интенсивности мотивации качество деятельности изменяется по колоколообразной кривой: сначала повышается, затем, после перехода через точку наиболее высоких показателей успешности, постепенно снижается. Чем сложнее для субъекта выполняемая деятельность, тем более низкий уровень мотивации является для нее оптимальным.

**157) Аналогия Бориса Медникова.** Российский ученый Б.М.Медников (1980) выдвинул гипотезу о том, что ДНК, не участвующая в кодировании белков, является резервом, защищающим биологический вид от гибели в результате мутаций (помех), руководствуясь аналогией. Б.М.Медников исходил из аналогии с теорией информации Шеннона и фактом избыточности лингвистических (языковых) средств передачи сообщений. Согласно теории информации Шеннона, любой информационный канал может повысить свою помехоустойчивость путем повышения избыточности текста. Другими словами, канал передачи информации, работающий в среде с высоким уровнем шума, может защитить себя от разрушительного воздействия этого шума путем создания избыточности текста. Следовательно, избыточность текста в данном канале является не бесполезным свойством, а средством выживания. Б.М.Медников по аналогии предположил, что и в ДНК наличие генов, не кодирующих синтез определенных аминокислот, является средством повышения помехоустойчивости по отношению к мутациям (шуму, создающему помехи). Гипотеза Б.М.Медникова опровергала предположение Ф.Крика о том, что некодирующие участки ДНК являются бесполезными, паразитическими частями генетической программы («генетическим мусором»). Б.М.Медников в статье «Аналогия (параллели между биологической и культурной эволюцией)» (журнал «Человек», 2004, №№ 1-4) пишет: «Моя точка зрения на эту проблему проста: с получением новых экспериментальных данных термин «мусорная» будет

применяться не к ДНК, а к той литературе, где он всерьез употребляется. Это я говорил еще в 1980 году, прочитав знаменитый номер «Nature», говорю и сейчас – с гораздо большим основанием. А тогда единственным моим доводом была аналогия с передачей лингвистической информации, и ссылаться приходилось только на самые общие положения теории Шеннона» (Б.М.Медников, 2004). «Согласно теории Шеннона, - поясняет Б.М.Медников, - любой механизм повышения помехоустойчивости информационного канала неизбежно приводит к повышению избыточности текста. Стоит ли удивляться, что избыточность наших генетических программ столь велика? И имеем ли мы право называть избыточную ДНК эгоистичной и паразитической?» (Б.М.Медников, 2004). «По-видимому, - аргументирует ученый, - дублирование, а то и многократное повторение генетической информации необходимо для прогрессивной эволюции. И необходимо именно потому, что повышает помехоустойчивость. Если генетический текст повторен трижды, возникают триплоиды. Они бесплодны при половом размножении, но отличаются мощностью роста, высокой жизненной устойчивостью» (Б.М.Медников, 2004).

**158) Аналогия Джона Хопфилда.** Американский биофизик Джон Хопфилд (1982) разработал математическую модель полносвязной нейронной сети по аналогии с математической теорией спиновых стекол – магнитных веществ с аморфной неупорядоченной структурой. Н.А.Манов, М.В.Хохлов и другие в статье «Информационные технологии и совершенствование оперативного управления региональными ЭЭС» (сборник «Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами», 2002) пишут: «Концепция сети Хопфилда основана на сходстве полносвязной нейронной сети со спиновым стеклом – мультиустойчивой системой, которая, будучи выведена из равновесия, совершает колебания, завершающиеся переходом (конвергенцией) в ближайшее устойчивое состояние (аттрактор), отвечающее минимуму потенциальной энергии. (...) Проводя аналогию между аттракторами спинового стекла и следами памяти, Д.Хопфилд пришел к выводу, что конвергенция является аналогом ассоциативного поиска информации» (Н.А.Манов, М.В.Хохлов и др., 2002). Об аналогии между нейронными сетями и спиновыми стеклами, которую обнаружил Д.Хопфилд, пишут многие авторы, поскольку исследование возможностей нейронных сетей приобрело взрывообразный характер. С.Терехов в работе «Лекции по теории и приложениям искусственных нейронных сетей» (Снежинск, 1998) указывает: «Модель Хопфилда (1982) занимает особое место в ряду нейросетевых моделей. В ней впервые удалось установить связь между нелинейными динамическими системами и нейронными сетями. Образы памяти сети соответствуют устойчивым предельным точкам (аттракторам) динамической системы. Особенно важной оказалась возможность переноса математического аппарата теории нелинейных динамических систем (и статистической физики вообще) на нейронные сети. При этом появилась возможность теоретически оценить объем памяти сети Хопфилда, определить область параметров сети, в которой достигается наилучшее функционирование» (С.Терехов, 1998). А.А.Ежов и С.А.Шумский в книге «Нейрокомпьютеринг и его применения в экономике и бизнесе» (1998) указывают: «В 1982 году в докладах Американской академии наук была опубликована статья американского физика, специалиста в области физики твердого тела из Калифорнийского Технологического института, Джона Хопфилда. С этой работы начался бурный процесс возрождения интереса к искусственным нейронным сетям, на который так негативно повлияла в конце шестидесятых книга Минского и Пейперта. В работе Хопфилда впервые было обращено внимание на аналогию, которая существует между сетями с симметричными связями и давно известными физикам объектами – спиновыми стеклами. Кроме того, стало ясно, что такие сети служат прекрасной основой для построения моделей содержательно-адресованной памяти. И, наконец, обнаружилось, что нейронные сети могут быть успешно исследованы с помощью методов теоретической физики, в частности, статистической механики» (А.А.Ежов, С.А.Шумский, 1998). Р.В.Квасный в статье «Базовые знания по нейроподобным сетям» (сайт «Искусственный разум», 2004) пишет: «В 1982 г.

американский биофизик Джон Хопфилд опубликовал статью, где на основании аналогии между нейронными сетями и особым классом физических систем – спиновыми стеклами – ему удалось привлечь к анализу нейросетевых моделей мощный математический аппарат статистической физики. Это стимулировало вторжение в область моделирования нейронных сетей большого отряда ученых-физиков, которыми в настоящее время получено много интересных аналитических результатов» (Р.В.Квасный, 2004). А.Е.Акимов в книге «Эвристическое обсуждение проблемы поиска новых дальностей» (1991) отмечает: «С тех пор как У.Литтл указал на аналогию между нейронными сетями и магнитными системами, а Дж.Хопфилд показал, что такие сети с симметричными связями эквивалентны спиновым стеклам, возникла возможность строить конструктивные модели механизмов мозга. Важной оказалась аналогия между тем, что каждый нейрон связан со многими другими нейронами, с дальностью действия в спиновых стеклах, где каждый спин связан сразу со многими другими спинами» (А.Е.Акимов, 1991).

**159) Аналогия Алека Джеффриса.** Английский биолог Алек Джеффрис (1984) пришел к мысли об использовании в криминалистике того факта, что у каждого человека имеются участки ДНК, характерные только для него, по аналогии с использованием в криминалистике того факта, что у каждого человека имеются на пальцах узоры, которые не повторяются у других людей. Отметим, что это была аналогия с фактором случая, поскольку А.Джеффрис случайно обнаружил, что в хромосомах любого человека имеются отрезки ДНК, характерные только для него. Киви Берд в статье «Беспокойный юбилей» (журнал «Компьютерра», № 35 от 22 сентября 2004 г.) пишет: «Ровно двадцать лет тому назад Алек Джеффрис, ученый-генетик Лестерского университета (Великобритания), сделал, бесспорно, самое выдающееся открытие в криминалистике и судебно-медицинской экспертизе XX века – он придумал, как идентифицировать человека по ДНК. Подобно многим другим великим открытиям, генетическая идентификация родилась благодаря случаю, как побочный результат иного, вполне рядового исследования. Ученые Лестерской лаборатории изучали один из новых методов отслеживания генетических отклонений в хромосомной ДНК, и вдруг Джеффрис, глядя на то, сколь сильно отличаются образцы проб (напоминающие штрих-коды) разных людей, сообразил, что это, по сути дела, готовый метод для эффективной идентификации личности – своеобразный «отпечаток пальца», остающийся индивидуальным и неизменным всю жизнь. Как вспоминает ныне Джеффрис, буквально в течение часа после рождения идеи он и его коллеги придумали для нового метода идентификации целую кучу полезных приложений. Британская криминалистика начала применять этот мощнейший инструмент уже через полгода, а после публикации в журнале «Nature» статьи Джеффриса, получившей большой резонанс в мире, стали говорить и о рождении целого научного направления» (К.Берд, 2004). О случайности открытия Джеффриса пишет также М.Ридли в книге «Геном» (2009), где он указывает, что Джеффрис обнаружил минисателлиты – серию повторяющихся последовательностей ДНК, в которых количество повторов индивидуально для каждого человека: «Минисателлиты впервые были обнаружены совершенно случайно Алемом Джеффрисом и его помощницей Вики Уилсон в 1984 году. Они изучали эволюцию генов, сравнивая между собой гены человеческого мышечного белка миоглобина и аналогичного белка тюленей, и вдруг в середине гена обнаружили серию повторяющихся последовательностей ДНК. Поскольку «слова» во всех минисателлитах почти одинаковы, но количество повторов разное, они оказались удобными элементами для обнаружения их в геноме и подсчета отличий между индивидами. Оказалось, что число повторов в одном и том же месте на хромосоме настолько изменчиво, что минисателлиты могут служить генетическими «отпечатками пальцев» (Ридли, 2009, с.177). Описанная аналогия А.Джеффриса позволила ему разработать ДНК-анализ, который нашел в медицине и деятельности правоохранительных структур самое широкое применение.



«Утром я был слишком изнурен и не мог поверить, что эту идею еще никто не реализовал. Тысячи ученых с разными целями производили наращивание олигонуклеотидов с использованием полимераз, и, конечно, кто-нибудь из них должен был заметить возможность полимеразной цепной реакции. Но если бы она кому-то удалась, я знал бы об этом: исследователи должны были бы использовать ее постоянно для амплификации, или размножения фрагментов ДНК».

Кэрри Муллис о себе

**160) Аналогия Кэрри Муллиса (Мюллиса, Маллиса).** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1993 год Кэрри Муллис (1983) разработал метод полимеразной цепной реакции в результате того, что по аналогии перенес в область решения задачи амплификации (множественного тиражирования) молекулы ДНК созданные к тому времени метод секвенирования ДНК и метод автоматизированного синтеза нуклеотидов. Можно сказать, что К.Муллис осуществил логический синтез перечисленных методов для решения важной научной и технологической задачи. Об этом синтезе, основанном на переносе определенных методов из области исследования ДНК в область технологии манипуляций с ДНК, говорит Артур Корнберг (лауреат Нобелевской премии за 1959 год). При этом А.Корнберг подвергает К.Муллиса весьма суровой критике, которая, конечно, не лишена налета субъективности. Вот слова А.Корнберга, содержащиеся в книге И.Харгиттай «Откровенная наука. Беседы с корифеями биохимии и медицинской химии» (2006): «Кэрри Муллис не сделал ничего важного в науке и никогда не сделает. Он наткнулся на идею, которая ему могла показаться оригинальной, но Гобинд Корана со своей группой уже проводили амплификацию ДНК много раньше. Полимеразная цепная реакция (ПЦР), которую Муллис и другие сотрудники компании «Сетус» ввели в повседневную лабораторную практику, является потрясающим технологическим скачком. И все же, это было бы сделано десятилетием раньше, если бы к тому времени были доступны секвенирование ДНК и синтез олигонуклеотидов. Идеи, лежащие в основе этих процессов, были хорошо известны из моих работ за двадцать лет до этого. Тот факт, что цепи ДНК легко разъединяются, а затем снова соединяются, тоже был всем известен. Муллис просто использовал эти свойства в 1985 г., когда соответствующие технологии стали доступны. Корана не мог их использовать в 1969 г., потому что тогда не было секвенирования ДНК и автоматизированного синтеза нуклеотидов. Кэрри Муллис щеголяет пренебрежительным отношением к науке, которая так много значит для меня» (Харгиттай, 2006, с.70-71). Отметим, что метод секвенирования ДНК-нуклеотидов был разработан Ф.Сенгером У.Гилбертом, за что они получили Нобелевскую премию по химии в 1980 году. Первую Нобелевскую премию по химии тот же Ф.Сенгер получил в 1958 году за метод секвенирования белков (полипептидов). Прибор автоматического секвенирования участков ДНК был разработан Лероем Худом. Что касается метода синтеза ДНК, то его создал Гобинд Корана (Нобелевская премия за 1968 год). Первые автоматические синтезаторы ДНК появились в 1980-1981 гг. благодаря новаторской мысли Итакуры, Огилви, Лероя Худа. Как мы видим, синтез, реализованный К.Муллисом, представлял собой совокупность аналогий, весьма похожих на те аналогии-ассимиляции, которые использовал А.Эйнштейн при построении специальной теории относительности. Творческая роль А.Эйнштейна заключалась в том, что он собрал разрозненные идеи, принадлежавшие другим ученым, и интерпретировал их с единой точки зрения. Эту точку зрения он назвал теорией относительности. В числе идей, взятых А.Эйнштейном у других ученых, можно отметить следующие: гипотеза об относительности одновременности (А.Пуанкаре), мысль о зависимости массы тела от скорости (О.Хевисайд, Д.Д.Томсон, П.Ланжевен), идея взаимосвязи массы и энергии (Д.Д.Томсон, А.Пуанкаре), предположение о сокращении

размеров тела при увеличении скорости (Х.Лоренц, Д.Лармор, Д.Фитцджеральд), инвариантность физических законов относительно выбора системы координат (А.Пуанкаре).

**161) Аналогия Карла Сагана.** Карл Саган (1986) высказал гипотезу о том, что ритуальные аспекты многих психических заболеваний, например, гебефренической шизофрении, могут явиться результатом повышенной активности некоего центра в Р-комплексе или же неспособности некоторого участка новой коры подавить или вообще выключить Р-комплекс, когда заметил одну весьма интересную аналогию. К.Саган обратил внимание на то, что при гебефренической шизофрении наблюдается повышенная агрессивность человека. Одновременно деятельность Р-комплекса (центра мозга, впервые в эволюции появляющегося у рептилий) связана с агрессивным ритуальным и территориальным поведением, а также с установлением социальной иерархии у животных. Другой аналогией, на которую опирался К.Саган, было то, что электрические разряды внутри лимбической системы, включающей Р-комплекс, «иногда вызывают симптомы, сходные с теми, что бывают при психозах или при приеме психоделических или галлюциногенных средств» (К.Саган, «Драконы эдема: рассуждения об эволюции человеческого разума», 2005).



«Когда я стал студентом, меня больше всего интересовала химия, но вскоре я обнаружил, что есть возможность поменять специализацию. В колледже я изучал физику и химию. В аспирантуре я занимался теоретической физикой. Тогда я был физиком. Когда я с физики переключился на биологию, изменилось мое представление о том, как должен действовать ученый. Сейчас мое мировоззрение совершенно отлично от того, каким оно было, когда я учился в колледже. В науку идут не ради денег. Наука – это призвание».

Уолтер Гилберт о себе

**162) Аналогия Уолтера Гилберта.** Лауреат Нобелевской премии по химии за 1980 год Уолтер Гилберт (1989) сформулировал предположение о том, что началом возникновения жизни на Земле явилась молекула РНК, способная катализировать различные биохимические процессы без участия ДНК и белковых ферментов, руководствуясь аналогией. У.Гилберт по аналогии перенес в теорию возникновения жизни открытие лауреатов Нобелевской премии по химии за 1989 год С.Олтмена и Т.Чека, которые независимо друг от друга обнаружили способность молекулы РНК выполнять функцию катализатора таких реакций, как гидролиз, лигирование (сшивание) нуклеиновых кислот, обработка транскриптов транспортной РНК и т.д. В книге И.Харгиттай «Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии» (2006) С.Олтмен говорит о Гилберте: «Итак, было провозглашено: «РНК может быть катализатором». А если так, то для начала процесса возникновения жизни белки не нужны. Следующим этапом стало утверждение Уолтера Гилберта и других ученых о том, что для возникновения жизни не нужны даже ДНК, потому что РНК могут точно так же кодировать информацию, а раз они могут быть еще и катализаторами, значит, они могут все. Гилберт назвал этот сценарий происхождения жизни «мир РНК» (Харгиттай, 2006, с.311). Сам Томас Чек, открывший каталитическую активность РНК (1981), также проводил указанную аналогию. В статье «РНК - фермент» (журнал «В мире науки», 1987, № 1) он пишет: «Открытие катализа РНК может, кроме того, иметь значение и для понимания эволюции. Так как нуклеиновые кислоты и белки взаимозависимы, долгое время считалось, что и возникнуть они должны были одновременно. Обнаружение того, что РНК служит не только носителем информации, но и ферментом, позволяет предположить, что в период зарождения жизни РНК могла существовать и функционировать без белков и без ДНК» (Т.Чек, 1987).

**163) Аналогия Роджера Сперри.** Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1981 год Роджер Сперри (1987) высказал идею, что сознание возникает в качестве эмерджентных свойств нервных клеток, по аналогии с тем, что молекулы со своими химическими свойствами представляют собой «эмерджентное» качество, возникающее на основе атомов. Г.Хант в книге «О природе сознания» (2004) пишет: «Невролог Роджер Сперри (1987, 1991) одним из первых высказал идею, что качества сознания возникают в качестве эмерджентных, или системных свойств «организационных процессов более высокого порядка», протекающих в мозге, во многом так же, как молекулы со своими химическими свойствами представляют собой новое или «эмерджентное» качество, возникающее на основе субатомной реальности, но непосредственно не сводимое к ней» (Хант, 2004, с.96). Примечательно, что еще Джон Стюарт Милль (1843) выдвинул гипотезу о том, что при ассоциировании ряда простых идей возникают сложные идеи, обладающие новыми качествами, отсутствовавшие у исходных посылок, по аналогии с тем, как при соединении простых химических элементов возникают вещества со свойствами, которых нет у исходных продуктов. Д.Шульц и С.Шульц в книге «История современной психологии» (2006) отмечают: «На развитие взглядов Джона Стюарта Милля значительное влияние оказало изучение химии. Именно из химии он позаимствовал модель психических процессов, альтернативную физической, механической модели, оказавшей столь сильное влияние на его отца и на все поколение эмпириков и ассоцианистов» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.64). Об этой же аналогии Д.С.Милля пишет Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) «...Благодаря соединению первичных психических элементов в новый продукт последний способен приобрести качества, которые отсутствовали у его исходных элементов, подобно тому, как синтез кислорода и водорода порождает обладающую совершенно новыми качествами воду. Милль считал, что такие же «химические» преобразования происходят и в области психики...» (Марцинковская, 2007, с.171).



«Поразительная гипотеза состоит в том, что ваши радости и печали, ваши воспоминания и амбиции, ваше чувство собственного «Я» и свобода воли – все это фактически не более чем проявление деятельности огромного комплекса нервных клеток и связанных с ним молекул».

Френсис Крик

**164) Аналогия Френсиса Крика.** Лауреат Нобелевской премии за 1962 год Ф.Крик (1992) выдвинул предположение о наличии в мозге специального аппарата, ответственного за особую форму внимания и создающего с помощью электрических колебаний «луч прожектора», который освещает определенные центры мозга, руководствуясь аналогией. В частности, Ф.Крик мыслил по аналогии с теорией сознания И.Павлова, в которой сознание связывается с фокусом возбуждения, светлым пятном, областью повышенной возбудимости, которая может перемещаться по коре головного мозга. Н.Н.Данилова в книге «Психофизиология» (2004) указывает: «...И.П.Павлов создал теорию сознания, которая получила название теории светлого пятна. Он связывал сознание с фокусом возбуждения, светлым пятном, областью повышенной возбудимости, которая может перемещаться по коре» (Данилова, 2004, с.302). Далее Н.Н.Данилова отмечает: «Прожекторная теория сознания» предложена Ф.Криком. Ф.Крик – один из авторов расшифровки структуры ДНК, лауреат Нобелевской премии. В его теории идея И.П.Павлова о сознании как светлом пятне получила дальнейшее развитие. Он предположил наличие специального аппарата, создающего «луч прожектора», связав его с особой формой внимания и гамма-осцилляциями в электрической активности мозга» (там же, с.305-306). Об этом же пишет Т.В.Алейникова в книге

«Возрастная психофизиология» (Ростов-на-Дону, 2002): «Близко к павловской теории светлого пятна примыкает, развивая ее, естественно, с позиций современных представлений, «прожекторная теория сознания» Крика, по которой «луч прожектора» внимания «выделяет» группу нейронов, связанных с переработкой определенной информации, или нейронный ансамбль, объединенный гамма-активностью (35-70 Гц) без фазового сдвига» (Алейникова, 2002, с.126). А.Кичеев в статье «Психика межличностных отношений» (журнал «Психология в бизнесе», 2000, № 1) поясняет: «Изучая процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга, И.П.Павлов создал теорию сознания, которая получила название теории светлого пятна. Он связывал сознание с фокусом возбуждения, светлым пятном, областью повышенной возбудимости, которая перемещается по коре. Дальнейшее развитие теория светлого пятна получила в работах Ф.Крика, лауреата Нобелевской премии, одного из авторов расшифровки структуры ДНК» (А.Кичеев, 2000). Сам Павлов также пользовался аналогией, когда уподоблял внимание (ясное сознание) очагу оптимального возбуждения, движущегося по коре головного мозга. А.Р.Лурия в книге «Лекции по общей психологии» (2007) указывает: «Такой же общий и скорее метафорический характер имеют и ранние высказывания И.П.Павлова, который уподоблял внимание (и ясное сознание) очагу оптимального возбуждения, движущегося по коре головного мозга наподобие «перемещающегося светового пятна». Идея очага оптимального возбуждения как основы внимания оказалась в дальнейшем очень важной и подводила к некоторым существенным физиологическим механизмам внимания...» (Лурия, 2007, с.170).

**165) Аналогия Стивена Роуза.** С.Роуз (1995) пришел к выводу о том, что медиаторы, опосредующие передачу нервных сигналов в мозге, ведут свое эволюционное происхождение от гормонов, когда обратил внимание на удивительное структурное сходство (аналогию) медиаторов и гормонов. «Один из самых интригующих аспектов биохимической эволюции, - пишет С.Роуз, - близкое сходство многих гормонов с веществами, которые служат в нервной системе медиаторами. Оно может означать, что последние ведут свое происхождение от гормонов» (С.Роуз, «Устройство памяти: от молекул к сознанию», 1995). В последние годы получены данные, свидетельствующие не только о структурном сходстве нейромедиаторов и гормонов, но и о сходстве самой работы нервной и гормональной (эндокринной) систем, что привело к рождению новой науки – нейроэндокринологии. Говоря о формировании нейроэндокринологии, И.Г.Акмаев в лекции «Нейроэндокринология: вчера и сегодня» (3-я Всероссийская научная конференция «Актуальные проблемы нейроэндокринологии», Москва, 2003) отмечает: «Отправной точкой к ее развитию стали яркие открытия, сделанные в начале и середине 20-го столетия, когда было показано, что нейроны гипоталамической области мозга способны, сохраняя присущую им организацию и импульсную активность, секретировать пептидные нейрогормоны. Первоначально это относилось к способности крупноклеточных нейронов преоптического ядра гипоталамуса рыб (которые соответствуют гомологичным нейронам супраоптического и паравентрикулярного ядер гипоталамуса млекопитающих) синтезировать нонапептиды (гомологи окситоцина и вазопрессина), транспортировать их по аксонам в заднюю долю гипофиза и выделять в общий кровоток. Последнее роднило нервные клетки гипоталамуса с секреторными клетками эндокринных желез, поэтому сам феномен был назван нейросекрецией» (И.Г.Акмаев, 2003).



«Основная идея Эдельмана заключается в том, что образование адекватных связей между нейронами рассматривается как проблема отбора – проводится аналогия с естественным отбором в эволюции живых организмов. Концепция клональной селекции, как известно, широко принята в иммунологии. В определенном смысле естественный отбор, иммунитет и запечатление являются аналогами».

Е.Н.Соколов о работах Д.Эдельмана

**166) Аналогия Джеральда Эдельмана.** Лауреат Нобелевской премии за 1972 год Джеральд Эдельман (1989, 1992) разработал теорию, согласно которой на уровне клеток человеческого мозга действует отбор, в результате которого входящие в мозг сигналы выбирают группы нейронов, соответствующие памяти или мышлению, усиливая связи между нейронами в составе группы, следующим образом. Он размышлял по аналогии со своими исследованиями иммунитета, в ходе которых он установил, что в иммунной системе имеется бесчисленное количество различных антител, и присутствие чужих антигенов побуждает организм ускорить производство или отбор антител, специфичных для этого антигена, и подавить производство других антител. Такую же роль фактора селекции играют различные стрессовые воздействия, с которыми сталкивается организм. Д.Хорган в книге «Конец науки» (2001) пишет о концепции Д.Эдельмана: «Суть его теории заключается в том, что так же, как стрессы окружающей среды выбирают самых подходящих членов вида, точно так же входящие в мозг сигналы выбирают группы нейронов – соответствующие полезной памяти, например, усиливая связи между ними» (Д.Хорган, 2001). «Может ли единицей отбора быть нейрон? – спрашивает Эдельман. – Нет, потому что нейрон слишком бинарен, негибок, он или включен, стреляет, или выключен, спит. Но группы связанных, взаимодействующих нейронов могут сделать эту работу. Эти группы соревнуются друг с другом в попытке создать эффективные сообщества, или картины бесконечного разнообразия побудительных причин. Группы, формирующие удачные карты, делаются еще сильнее, в то время как другие увядают» (Д.Хорган, 2001). В свою очередь, идея отбора, работающего на уровне иммунных клеток и субклеточных элементов, возникла у Эдельмана по аналогии с естественным отбором, открытым Ч.Дарвином. Со слов нейрофизиолога Ю.И.Александрова, «между селекцией нейронов, селекцией в эволюции и клональной селекцией в иммунологии можно провести аналогию. Гарантия успеха во всех случаях – предсуществующее многообразие нейронов, индивидов или лимфоцитов» («Психофизиология» под ред. Ю.И.Александрова, 2006). Сам Д.Эдельман в книге «Разумный мозг» (1981), написанной совместно с В.Маунткаслем, пишет о своей аналогии: «...Селекционистические представления в разных формах существуют в эволюционной теории и в иммунологии (Эдельман, 1974) и разработаны более или менее подробно. Но задача, которую я поставил себе здесь, состоит не просто в том, чтобы провести сравнение или аналогии между этими системами, а в том, чтобы выяснить, нельзя ли использовать какую-либо конкретную форму отбора («селекции») как основу для объяснения высших функций мозга» (Эдельман, Маунткасл, 1981, с.72-73).

**167) Аналогия Джеральда Эдельмана.** Джеральд Эдельман выдвинул гипотезу о том, что вся адаптивная иммунная система, имеющаяся у позвоночных животных, возникла из более древней системы клеточной адгезии, когда заметил аналогию между антителами (иммуноглобулинами), связывающими чужеродные агенты, и молекулами клеточной адгезии. Последние, как известно, играют важнейшую роль в развитии организма. Кроме того, Эдельман пришел к мысли о наличии доменов у молекул клеточной адгезии по аналогии с наличием переменных доменов у антител. Именно эти переменные домены и определяют специфичность иммуноглобулинов. А.Е.Черезов в книге «Общая теория рака» (1997) пишет: «Значительным открытием является обнаружение структурной гомологии между N-CAM и

молекулами антител. На основании обнаруженной закономерности в 1969 году Эдельман сформулировал «доменную» гипотезу. В дальнейшем гипотеза полностью подтвердилась. Обнаружились новые члены постулированной им группы родственных молекул, названной суперсемейством иммуноглобулинов: рецепторы факторов роста и антигены тканевой совместимости. Эдельман предположил, что вся адаптивная иммунная система, характеризующаяся наличием суперсемейства иммуноглобулинов, возникла из более древней системы клеточной адгезии» (А.Е.Черезов, 1997). Михаил Бурцев в статье «Биенале когнитивной науки» (газета «Троицкий вариант», выпуск № 7 (821) от 8 июля 2008 г.) пишет об Эдельмане: «Поразительно, что обнаруженные им молекулы клеточной адгезии, играющие важнейшую роль в развитии организма, оказываются гомологичны иммуноглобулинам, за которые была получена Нобелевская премия» (М.Бурцев, 2008).

**168) Аналогия Святослава Федорова.** Выдающийся русский офтальмолог С.Федоров (1960) пришел к идее о возвращении людям зрения путем замены мутного хрусталика глаза искусственным хрусталиком по аналогии со своими экспериментами на кроликах. Эти эксперименты показали, что кролики с искусственными хрусталиками после операции приобретают полноценное зрение. Юлия Борта в статье «Формула успеха Святослава Федорова» (газета «Аргументы и факты», № 07 (495) от 12.02.2004 г.) пишет о Федорове: «Молодой хирург оказался честолюбив. Ох, как не хотелось оставаться обычным врачом! Ночами не спал, мучительно думал: неужели так бездарно пройдет жизнь? Фантазировал, выдумывая интересные научные темы. Наконец, решил: мое дело – операция по замене мутного хрусталика искусственным из пластмассы. Сама идея не была нова. За границей уже были попытки таких операций, правда, не всегда удачные. В отечественной офтальмологии новое «западное увлечение» считали чуть ли не шарлатанством. Но Федоров не унимался. Сам, без разрешения руководства института начал работу по неплановой теме, проводил эксперименты на животных. Кролики с искусственными хрусталиками чувствовали себя хорошо, к морковке кидались сразу же, как только снимали повязку с прооперированного глаза» (Ю.Борта, 2004).

**169) Аналогия Александра Давыдова.** А.С.Давыдов (1976) пришел к идее о существовании солитонов, переносящих энергию возбуждения вдоль белковых молекул, по аналогии с существованием солитонов в жидкости, в газообразных системах, в твердых телах и т.д. А.И.Мусиенко и Л.И.Маневич в статье «Аналоги релятивистских эффектов в классической механике» (УФН, 2004, август) отмечают универсальность солитона: «Солитоны обнаружены в жидкостях (солитоны на поверхности воды), в газообразных системах (волны Россби), в плазме (ленгмюровские, циклотронные, ионно-звуковые солитоны и т.д.), в различных твердых телах (в кристаллах, сверхпроводниках, спиновых стеклах и т.д.), в световодах из стекловолокна (оптические солитоны). Обсуждается возможная роль солитонов в астрофизике и физике элементарных частиц. Концепция солитонов широко используется в биофизике. В настоящее время признано, что солитоны Давыдова играют фундаментальную роль в эффективном дисперсионном переносе энергии в сложных биологических объектах, таких как белки, ДНК и другие биомолекулы» (Мусиенко, Маневич, УФН, 2004, с.863). В книге «Воспоминания об Александре Сергеевиче Давыдове» (редактор – В.М.Локтев, Киев, 2002) отмечается: «Одной из наиболее актуальных проблем в ней (в теоретической биофизике – Н.Н.Б.) было и, возможно, остается объяснение большой эффективности переноса энергии и заряда по белковым макромолекулам. Высокий КПД энерготранспорта в биологических системах не находил объяснения в рамках традиционной теории процессов переноса, использовавшей представление об экситонах. А.С.Давыдовым и его сотрудниками (А.А.Еремко, Н.И.Кислухой и В.З.Энольским) был развит совершенно иной подход, опирающийся на особые коллективные состояния в полимерных молекулярных цепочках, которые получили название солитонов. Солитоны в биомолекулах, согласно А.С.Давыдову, представляют собой связанные состояния электронных и сопровождающих последние

деформационных возбуждений, локализованные в некоторой области цепочки и перемещающиеся по ней с постоянной скоростью» («Воспоминания...», 2002).

**170) Аналогия Александра Давыдова.** А.С.Давыдов вывел математическое уравнение, описывающее динамику транспорта возбуждений в молекулах белков, по аналогии с дискретным нелинейным уравнением Шредингера (ДНШ), предназначенным для описания совсем других физических процессов. Ю.М.Апонин и Е.А.Апонина в статье «Квантовомеханические и макродинамические аналогии в математической теории биологических сообществ» (материалы конференции «Математика. Компьютер. Образование», Пушкино, 2003) пишут: «В последние годы, в связи с быстрым расширением области применения нелинейных дифференциальных уравнений в физике и биологии, стали обнаруживаться новые аналогии, отражающие сходство в поведении живых систем (например, биологических сообществ) и аналогичных им систем «неодушевленной» природы, в том числе и систем, относящихся к атомно-молекулярному квантовомеханическому уровню. В настоящей статье рассматриваются примеры аналогий такого рода. Прослеживается связь между дискретным нелинейным уравнением Шредингера (ДНШ), вольтерровскими моделями математической экологии и канонической формой уравнений макродинамики. Некоторые частные случаи ДНШ появились в литературе еще в семидесятые годы в работах А.С.Давыдова по математическому моделированию динамики транспорта возбуждений в молекулах белков. В этих работах молекула белка рассматривается как цепочка активных элементов – сайтов, на которых могут локализоваться возбуждения. Роль таких сайтов в белках играют пептидные группы, входящие в состав полипептидной цепи белковой молекулы. Возбуждение мигрирует по сайт-цепочке, локализуясь то на одном, то на другом ее сайте. (...) Эти процессы миграции, делокализации и обратной локализации возбуждения описываются выведенными А.С.Давыдовым нелинейными квантовомеханическими уравнениями, которые и представляют собой частный случай ДНШ, записанного для квазиодномерной решеточной структуры» (Ю.М.Апонин, Е.А.Апонина, 2003).

**171) Аналогия Марио Салерно.** М.Салерно (1991) разработал солитонную модель колебаний оснований ДНК, связанных упругими нелинейными сахаро-фосфатными связями, по аналогии с солитонными моделями других видов нелинейных колебаний. М.Салерно развивал представление о существовании уединенных волн, генерируемых молекулой ДНК, которое предложил С.Инглендер (1980). П.П.Гаряев в книге «Волновой геном» (1994) пишет: «Марио Салерно первым начал математическое экспериментирование с солитонами на ДНК не только как с формальными физическими абстракциями, но попытался связать их поведение в одномерном пространстве полинуклеотида с его биогенетическими, а если точнее, - с эпигенетическими функциями. При этом он развил пионерскую модель уединенных волн на ДНК, предложенную Инглендером» (П.П.Гаряев, 1994). Поясняя смысл солитонной модели ДНК М.Салерно, П.П.Гаряев в другой книге, а именно в работе «Волновой генетический код» (1997) указывает: «Эта модель и в последующем ее более детальные формы, включая нашу (см. ниже), представлена в понятиях механических систем как цепочка осцилляторов (оснований ДНК), связанных упругими нелинейными сахаро-фосфатными связями. Вслед за Салерно основное внимание мы уделили реально существующим известным последовательностям ДНК и влиянию их на характер поведения солитонов» (П.П.Гаряев, 1997).

**172) Аналогия Роджера Пенроуза.** Р.Пенроуз (1989) высказал гипотезу о том, что квантовая механика должна играть существенную роль в деятельности человеческого мозга, что ключевые процессы в мозге непосредственно определяются квантово-механическими эффектами, по аналогии с идеей Давида Дойча (1985). Д.Дойч заявил о принципиальной возможности построить квантовый компьютер, на котором за продолжительное время могут

быть решены некоторые неалгоритмические задачи. Другая аналогия, на которую опирался Пенроуз, состоит в том, что и квантовая реальность, и сознание не поддаются вычислению. Невычислимость квантовой реальности определяется принципом неопределенности Гейзенберга, а невычислимость сознания – теоремой Геделя о неполноте. Психолог Г.Хант в книге «О природе сознания» (2004) пишет о Пенроузе: «Поскольку и квантовая реальность, и сознание в равной мере не поддаются вычислению, он высказывает гипотезу, что мышление, возможно, действует по принципу «квантового компьютера» (Г.Хант, 2004). Кроме того, Р.Пенроуз также индуктивно опирался на факт, который описывает он сам: «Эксперименты с жабами показали, что в подходящих условиях адаптированная к темноте сетчатка вырабатывает макроскопический нервный импульс при попадании на нее единственного фотона» (Р.Пенроуз, «Новый ум короля», 2003). Также Пенроуз учитывал тот факт, что и обычные, неквантовые компьютеры зависят в своей работе от квантовых процессов. Как указывает Пенроуз, «работа самих цифровых компьютеров существенно зависит от квантовых эффектов, пониманию которых, по моему мнению, мешают трудности, внутренне присущие квантовой теории» (Р.Пенроуз, 2003).

**173) Аналогия Карла Прибрама.** К.Прибрам (1975) сформулировал гипотезу о голографической природе человеческой памяти, согласно которой структуры мозга, ответственные за хранение информации, представляют собой голограмму, где даже самая крошечная часть памяти несет информацию об общей картине бытия, следующим образом. Прибрам основывался на аналогии со свойствами голограммы, изобретенной Д.Габором (1948). Как указывает М.Талбот, «в середине 1960-х годов Прибрам прочел в журнале «Скайнтифик Америкэн» статью, где описывались первые опыты построения голограммы. Статья поразила его как гром среди бела дня. Открытие принципа голограммы не только было революционным само по себе: оно сулило решение той головоломки, с которой Прибрам столько лет безуспешно боролся» (М.Талбот, «Голографическая Вселенная», 2004). М.Талбот отмечает момент, на который К.Прибрам в первую очередь обратил внимание: «Если каждый кусочек голографической пленки может содержать информацию, по которой создается целое изображение, то совершенно аналогично каждая часть мозга может содержать информацию, восстанавливающую память как целое» (М.Талбот, 2004). Кроме того, Прибрам индуктивно основывался на опытах Карла Лэшли (1929), который обнаружил, что даже после удаления у крыс значительной части коры головного мозга они продолжали выполнять задачи, требующие активной работы памяти. Сам изобретатель голографии Д.Габор в своей Нобелевской лекции «Голография» (УФН, январь 1973 г.) отмечает: «Таким образом, диффузная голограмма представляет собой элемент распределенной памяти. Данное обстоятельство вызвало многие догадки и вопросы о том, не является ли память мозга человека по своей природе голографической, поскольку хорошо известно, что значительная часть мозга может быть разрушена без стирания памяти. Ограниченное время не позволяет мне обсудить здесь этот животрепещущий вопрос. Я только хочу указать, что, по моему мнению, аналогия между памятью человека и голограммой является чисто функциональной, но, конечно, не структурной» (Габор, УФН, 1973, с.14).

**174) Аналогия Джона Мэйнарда Смита.** Д.М.Смит (1976, 1982) разработал теорию эволюционно стабильных стратегий, действующих в популяциях животных, когда по аналогии перенес в биологию математическую теорию игр Неймана и Моргенштерна. Ж.И.Резникова в книге «Интеллект и язык животных и человека» (2005) пишет: «Равновесие между альтернативными стратегиями может быть весьма напряженным. В поведенческом плане каждая особь может всю жизнь выступать как «актер одной роли», но может использовать и смешанную стратегию, например, выступать в роли «ястреба», будучи хозяином территории, и в роли «голубя», попадая в ситуацию пришельца. Мэйнард Смит (1976, 1982), применив к описанию поведенческих стереотипов животных математический аппарат теории игр, разработал теорию эволюционно стабильных стратегий, объясняющую

постоянное для стабильных условий численное соотношение в популяциях носителей альтернативных стратегий (подробно см: Мак-Фарленд, 1988)» (Ж.И.Резникова, 2005). «Эффективность тактики, выбранной партнерами по отношению друг к другу, - продолжает Ж.И.Резникова, - оценивается по вероятности выигрыша и по сумме полученных благ. По аналогии со стратегиями, которые при разном поведении партнеров игры приведут к разным исходам, этологи пытаются предсказать поведение животных в зависимости от социального контекста. Игра чрезвычайно усложняется, если в нее включаются многие партнеры. К настоящему времени получено немало данных о способности животных – главным образом, приматов – к взаимозачету не только благодеяний, но и нанесенного им ущерба при «планировании» поведения относительно других особей своего вида» (Ж.И.Резникова, 2005).

**175) Аналогия Джорджа Прайса.** Английский биолог Джордж Прайс (1968) построил математическую теорию конфликтов в животном мире, когда по аналогии перенес в теорию естественного отбора математическую теорию игр, ранее применявшуюся в экономике. Джеймс Шварц в статье «Смерть альтруиста» («Русский журнал», 29 августа 2000 г.) пишет о Прайсе: «А ведь он сыграл важнейшую роль в формировании концептуальной основы социобиологии и ее ответвления – эволюционной психологии. Он впервые применил принципы теории игр к анализу конфликтов в животном мире и вывел изящную формулу для описания эволюционных изменений, которая помогла упростить и усовершенствовать гамильтоновскую теорию семейственного альтруизма. Формула Прайса позволяет подвести точную математическую основу под теорию группового отбора» (Д.Шварц, 2000). Далее Д.Шварц повествует о том, как Прайсу удалось опубликовать свою теорию конфликтов, изложенную на языке теории игр, в престижном научном журнале Nature, причем Д.Шварц одновременно показывает, каким образом Мэйнард Смит догадался использовать теорию игр при описании эволюционных стратегий. «Прайс, - констатирует Д.Шварц, - озаглавил свою статью так: «Оленьи рога, внутривидовая агрессия и альтруизм» - и в конце июля 1968 года отослал ее в журнал Nature. В феврале выяснилось, что Nature готов напечатать статью, но только в сокращенном варианте. Прошло несколько лет, но Прайс так и не взялся за переработку своего труда. Рецензентом работы Прайса был Джон Мэйнард Смит, декан биологического факультета Сассекского университета. Он понял, какие возможности сокрыты в неопубликованной теории Прайса, и надумал использовать ее в своей новой статье. Мэйнард Смит проявил себя порядочным человеком и предложил Прайсу соавторство. Осенью 1972 года журнал Nature принял к публикации статью «Логика конфликтов в животном мире», подписанную двумя именами: Джона Мэйнарда Смита и Джорджа Прайса. «Никогда еще сотрудничество с рецензентом не заканчивалось для меня так удачно: я стал соавтором гораздо лучшей статьи, чем вышла бы у меня самого», - написал Прайс Мэйнарду Смицу» (Д.Шварц, 2000).

**176) Аналогия Роберта Аксельрода.** Американский исследователь Р.Аксельрод разработал теорию взаимодействия раковых клеток по аналогии с той же математической теорией игр, основанной Д.фон Нейманом и О.Моргенштерном. Р.Аксельрод перенес теорию игр в область роста и развития раковых опухолей. О.Португалова в статье «Игры раковых клеток» («Газета Ру», 30.08.2006 г.) отмечает: «Новую теорию взаимодействия раковых клеток предложил известный своими междисциплинарными исследованиями политолог Роберт Аксельрод. Напечатанная в последнем номере «Труды Национальной академии наук» гипотеза может привести к созданию новых методов лечения «болезни XXI века». Прежде чем обратить свое внимание на раковые заболевания, сотрудник Мичиганского университета в Анн-Арборе Аксельрод пробовал применить теорию игр к эволюционной биологии. Теория игр, объединяющая математику и экономическую теорию, оказалась незаменима для понимания того, как может сотрудничество развиваться в сообществе животных, в то время как даже люди считаются эгоистами. (...) Один из основных постулатов теории игр – участники игры не знают о намерениях друг друга. Так как каждая клетка опухоли уникальна и отличается от

других, у нее свои мутации и потребности, о каждой такой клетке можно думать как об «игроке» в рамках теории игр, считает Аксельрод. «Игрой» в таком случае становится успешное образование опухоли» (О.Португалова, 2006).

**177) Аналогия Жан-Жака Купека и Пьера Саниго.** Французские ученые Ж.Ж.Купек и П.Саниго выдвинули гипотезу о том, что между различными биологическими молекулами и между клетками живого организма происходит конкуренция за внешние ресурсы и отбор сильнейших, руководствуясь аналогией. В частности, они переносили на сложные молекулы и живые клетки механизм конкуренции и селекции, описанный Дарвином для организмов и их сообществ. П.П.Гаряев в статье «Генетический код сложнее его триплетной модели» (сайт «Волновая генетика») повествует: «Чтобы выйти из эпистемологического тупика, в который зашла генетика, два французских ученых, специалисты по молекулярной биологии Жан-Жак Купек и Пьер Саниго предлагают применить к их дисциплине теорию Дарвина, порвав таким образом с современным детерминизмом. В книге «Ни бога, ни гена», опубликованной недавно, они объясняют, что сообщество клеток организма определяется не генетической программой, а конкуренцией, которая происходит между различными составляющими живого организма в целях получения внешних ресурсов, без которых он не может жить. Молекулы возникают произвольным образом и принцип «естественного» отбора поощряет жизненно способные сочетания. Как и большинство высших организмов (растения, животные и др.), выживают и развиваются те молекулы и клетки, которые лучше других способны найти питание. Эта теория, возможно, объясняет тот факт, что генетики не могут до сих пор разработать вакцину против ВИЧ. Ее невозможно создать, поскольку она должна делать невозможное – быстро реагировать на миллиарды изменений в минуту у миллиардов индивидуумов» (П.П.Гаряев, сайт «Волновая генетика»). Нужно сказать, что аналогия Купека и Саниго перекликается с аналогией М.Эйгена (1971), который постулировал существование отбора и на уровне каталитических ферментных циклов с обратными связями, опираясь на аналогию с дарвиновским механизмом отбора наиболее приспособленных живых организмов. М.Эйген предположил, что подобно тому, как в процессе эволюции видов между особями одинаковых или разных популяций происходит конкуренция, в которой выживают особи, наиболее адаптированные к условиям окружающей среды, так и между каталитическими гиперциклами происходит конкуренция за молекулы, служащие строительным материалом для этих циклов. Аналогия Купека и Саниго напоминает также аналогию Вильгельма Ру (1881), который высказал идею о борьбе за существование, происходящей на уровне клеток и частей организма в процессе онтогенеза, по образцу с борьбой за существование, происходящей в процессе эволюции видов и открытой Ч.Дарвином (1838, 1859). «В 1881 г., - пишет историк биологии Е.В.Вермель, - В.Ру переносит учение Ч.Дарвина о борьбе за существование на борьбу клеток и частей организма в процессе онтогенеза» (Е.М.Вермель, «История учения о клетке», 1970). После Вильгельма Ру такую же аналогию проводил лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1906 год Сантьяго Рамон-и-Кахал, причем он опирался не только на аналогию, но и на результаты экспериментальных исследований различных клеток, в том числе сперматозоидов.

**178) Аналогия Роберта Лангера.** Лауреат премии «Миллениум» за 2008 год, профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Роберт Лангер пришел к идее о создании вейферов – миниатюрных полимерных подложек с лекарством, которые могут быть внедрены в организм человека в медицинских целях, по аналогии с микрочипами, которые используются в компьютерной технике. Игорь Гордиенко в статье «Пахучие чипы» (журнал «Компьютерра», № 9 от 2 марта 1999 г.) пишет: «Разработка чипа заняла пять лет. По признанию авторов, это был упорный труд, эволюция идеи в чистом виде. И ни разу никто из них не восклицал: «Эврика!» Идея пришла в голову Роберту Лангеру, когда он разбирался с документацией по электронным микросхемам. В настоящее время технология нового чипа защищена патентами США и других стран» (И.Гордиенко, 2008). Р.Лангер в статье «Куда не

может добраться ни одна таблетка» (журнал «В мире науки», 2003, № 8) рассказывает: «Несколько лет назад, когда я смотрел фильм об изготовлении кремниевых чипов для компьютеров, мне пришла в голову мысль использовать такую же технологию для создания управляемых систем доставки лекарственных веществ. Вместе с Майклом Сайма, экспертом по обработке керамики, и Джоном Сантини из Мичиганского университета мы создали кремниевый чип, который содержал множество ячеек, заполняемых лекарственным веществом» (Р.Лангер, 2003).

**179) Аналогия Луиджи Кавалли-Сфорцы.** Итальянский генетик Л.Кавалли-Сфорца (1980-е годы) пришел к идее о существовании границ исторического распространения генов по аналогии с существованием границ многовекового распространения языков. Сформулированные лингвистами представления о наличии центров, из которых происходило распространение языков, Кавалли-Сфорца перенес в генетику и сформулировал представление о центрах, из которых происходило распространение генов. М.Ридли в книге «Геном» (2009) указывает: «В 1980-х годах великий итальянский генетик Луиджи Лука Кавалли-Сфорца, вдохновленный открытиями лингвистов, задался очевидным вопросом: соответствуют ли языковые границы генетическим? Границы распространения генов, безусловно, более размыты в результате смешанных браков. Отличия между немцами и французами в генетическом плане гораздо менее очевидны, чем различия в языке. Тем не менее, некоторые закономерности начали проявляться. Собрав множество примеров «классического полиморфизма» генов в популяциях людей и обработав эти данные с помощью статистического метода основных компонентов, Кавалли-Сфорца обнаружил в Европе пять центров, из которых происходило распространение полиморфных генов разных типов. Плавный градиент генетического полиморфизма с юго-востока Европы в направлении Северо-Запада отображает путь рассеяния в Европу из Средней Азии земледельцев во времена Неолита» (Ридли, 2009, с.252-253). Об этом же пишет П.И.Пучков в статье «Дивергенция языков и проблема корреляции между языком и расой», представленной в энциклопедии «Народы и религии мира» (1998): «Сам Л.Л.Кавалли-Сфорца объяснял корреляцию между лингвистической и генетической эволюцией тем, что та и другая происходят в принципе одинаково и представляют собой цепь последовательных делений. В двух разделившихся популяциях начинается дифференциация как генов, так и языков. Конечно, скорость дифференциации генов и языков может быть различной, но какая-то пропорциональность все же должна иметь место» (П.И.Пучков, 1998). Отметим, что Кавалли-Сфорца составил карты распределения частот нескольких сотен генов в европейских популяциях (он назвал их «генетическими ландшафтами») и по генетическим дистанциям между популяциями вычислил даты их разделения.

**180) Аналогия Алексея Михайловича Иваницкого.** А.М.Иваницкий (1997) выдвинул гипотезу информационного синтеза, осуществляемого нервными клетками в процессе мышления, по аналогии со своей же идеей информационного синтеза (1977), осуществляемого нервными клетками в процессе зрительного, слухового или иного ощущения. В середине 1970-х годов Иваницкий объяснил возникновение зрительных или слуховых ощущений синтезом сигналов, поступающих от разных нервных клеток, удаленных друг от друга, но работающих в одном и том же ритме. Позже Иваницкий по аналогии перенес принцип информационного синтеза, то есть принцип конвергенции нервных сигналов к фокусам взаимодействия, с области ощущений на область мышления. «...Может ли принцип информационного синтеза, - пишет А.М.Иваницкий, - быть распространен и на более сложные психические проявления, например на процесс мышления? Ответам на эти вопросы были посвящены работы А.М.Иваницкого и его сотрудников, проводивших исследования в течение последних 15 лет» («Психофизиология» под ред. Ю.И.Александрова, 2006). «...Важным признаком организации корковых связей при мышлении, - подчеркивает А.М.Иваницкий, - является их конвергенция к определенным

центрам – фокусам взаимодействия. При этом связи, подходящие к фокусу, устанавливаются на разных частотах...» (там же). Интересно, что еще Дж.Экклс (1953) высказал предположение о существовании нелокализованного центра конвергенции, где сходятся условный и безусловный раздражители. Встреча их в центре конвергенции, взаимодействие и интеграция завершаются формированием особой пространственно-временной структуры разрядов, которая затем передается в нейронную сеть (А.С.Батуев, «Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем», 2005).

**181) Аналогия Владимира Скулачева.** Российский биолог В.П.Скулачев (2001) выдвинул гипотезу о существовании феноптоза – запрограммированной гибели организма, по аналогии с существованием апоптоза – запрограммированной смерти отдельных клеток. Как известно, клеточный апоптоз достаточно подробно изучили Сидней Бреннер и Джон Салстон (1970-е годы), которые работали с ленточным червем класса нематоды. В 2002 году они были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине. В.П.Скулачев перенес явление запрограммированной гибели клеток с уровня клеток на уровень целого организма, предположив, что старение является результатом действия некоей генетической программы, разрушающей целую особь. В.П.Скулачев и Ф.Ф.Северин в статье «Запрограммированная клеточная смерть как мишень борьбы со старением организма» (журнал «Успехи геронтологии», 2009, том 22, № 1) пишут: «Действительно, если механизм самоубийства существует на клеточном уровне, то, быть может, он есть и на уровне организма. То, что принципиальный ответ на вопрос о существовании физиологического механизма самоубийства, по крайней мере, у некоторых организмов, является утвердительным, на сегодня уже не вызывает сомнений» (Скулачев, Северин, 2009, с.37).

**182) Аналогия Германа Хакена.** Основатель синергетики Г.Хакен (2001) дал набросок полевой теории активности мозга, руководствуясь аналогией с теориями, описывающими явления самоорганизации и сложности в физике. В книге «Принципы работы головного мозга» (2001) Г.Хакен сам говорит о том, как он намерен строить полевую теорию активности мозга: «Разумеется, мы знаем, что мозг состоит из миллиардов нейронов, сложнейшим образом соединенных друг с другом, но установить явную связь между детальными динамическими свойствами отдельных нейронов и макроскопическими наблюдаемыми явлениями представляется безнадежной задачей. Поэтому по аналогии с тем, что было сделано в физике, мы хотим попытаться развить полевую теорию активности мозга» (Хакен, 2001, с.238). Герман Хакен объяснил процесс формирования образа в мозгу по аналогии с процессом образования (формирования) доминирующего параметра порядка в подогреваемой снизу жидкости, в которой при этом появляются особые структуры – конвективные валы. В той же книге он пишет: «Попробуем найти интерпретацию этих результатов в терминах параметров порядка и принципа подчинения. Прежде всего, приготовим начальное состояние, которое можно представить в виде суперпозиции всевозможных паттернов из конвективных валов, ориентированных по различным направлениям. Каждый из этих паттернов конвективных валов управляется своим параметром порядка, но один параметр порядка оказывается сильнее всех других, а именно тот, который принадлежит первоначально заданному валу. После того, как начальное состояние приготовлено, между различными параметрами порядка возникает конкуренция, в которой выигрывает параметр порядка, принадлежащий первоначально наиболее сильному конвективному валу. (...) Победив в конкурентной борьбе остальные параметры порядка, этот параметр порядка подчиняет себе всю систему, т.е. заставляет ее перейти в состояние с упорядоченными конвективными валами. Иначе говоря, частично упорядоченная система через конкуренцию параметров порядка переходит в свое полностью упорядоченное состояние. А что происходит при распознавании образов? Мы утверждаем - то же самое, а именно: сначала человеческому мозгу или компьютеру могут быть предъявлены какие-то черты лица, например, нос или глаза, чтобы определить начальное состояние образа. Этим «вызывается» соответствующий

параметр порядка, который вступает в конкуренцию со всеми остальными параметрами порядка; «победив» их, этот параметр порядка восполняет заданные черты другими и восстанавливает целиком все изображение. Например, может быть «дорисовано» лицо или, если это требуется, указано имя человека...» (Хакен, 2001, с.247).

**183) Аналогия Владимира Редько.** В.Г.Редько (2001) выдвинул идею о существовании биологических истоков, биологических корней формальной логики и дедуктивного вывода как важного компонента этой логики, когда обратил внимание на аналогию между условным рефлексом и дедуктивным выводом. Эта аналогия, прежде всего, заключается в том, что условный рефлекс образуется на основе связи между условным и безусловным стимулами, что эквивалентно процессу выявления причинной связи между событиями в человеческом мышлении согласно концепции Д.Юма. В.Г.Редько в книге «Эволюционная кибернетика» (2001) рассуждает: «Интересно отметить, что процесс формирования связи между условным и безусловным стимулами при выработке условного рефлекса очень сходен с другим процессом – процессом формирования идеи о причинной связи между событиями, который обсуждал Д.Юм. По-видимому, как у животных, так и у человека есть какое-то внутреннее чувство, которое заставляет их и нас делать выводы о закономерных связях между событиями во внешнем мире. Можно даже задуматься о материальном нейросетевом субстрате этого внутреннего чувства» (В.Г.Редько, 2001). «...Выработку условного рефлекса, - поясняет В.Г.Редько, - можно рассматривать как происходящий в нервной системе животного элементарный вывод – «Если за условным стимулом следует безусловный, а безусловный стимул вызывает определенную реакцию, то условный стимул также вызывает эту реакцию» - дальний предшественник одной из основных формул дедуктивной логики: «Если из А следует В и из В следует С, то из А следует С» (В.Г.Редько, 2001). Об аналогии между условным рефлексом и формальной логикой В.Г.Редько пишет также в статье «На пути к моделированию когнитивной эволюции» (Материалы XV международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009): «Перейдем от математики к собаке, у которой вырабатывают классический условный рефлекс. В памяти собаки формируется связь «за УС должен последовать БС» (УС – условный стимул, БС – безусловный стимул). Когда после выработки рефлекса собаке предъявляют УС, то она, «помня» о хранящейся в ее памяти «записи» УС→БС, делает элементарный «вывод» (УС, УС→БС) ⇒ БС и ожидаемое появление БС. Конечно, применение правила *modus ponens* (чисто дедуктивное) математиком и индуктивный «вывод», который делает собака, явно различаются. Но можем ли мы думать об эволюционных корнях логических правил, используемых в математике? Да, вполне можем – умозаключение математика и индуктивный «вывод» собаки качественно аналогичны. При этом результат эволюции – правила логического вывода, используемые в математике, - известны и достаточно хорошо формализованы [1]» (Редько, 2009, с.154). Следует заметить, что впервые после И.Сеченова аналогию между условным рефлексом и творческим мышлением обнаружил ученик И.Павлова Владимир Васильевич Савич (1922). Его внимание привлекло утверждение знаменитого биолога Николая Кольцова о том, что научное открытие заключается в объединении (синтезе) данных из двух научных областей, что оказалось похожим на замыкание двух возбужденных центров мозга при образовании условного рефлекса. В.В.Савич в статье «Попытка уяснения процесса творчества с точки зрения рефлекторного акта» (журнал «Красная новь», 1922, № 4) воспроизводит указанное утверждение Н.Кольцова: «Причиной переворота является применение нового научного метода, и этот метод заимствуется из соседней научной дисциплины. Период блестящих открытий совпадает обыкновенно с периодом объединения двух научных областей, развивающихся до того времени вполне независимо. Ученые, обладающие знакомством с обеими сложными областями, оказываются в особенно выгодном положении» (В.В.Савич, 1922). Описанный Н.Кольцовым механизм развития науки через связывание идей и фактов из разных научных теорий напомнил В.В.Савичу механизм выработки условной рефлекторной реакции. В связи с этим он решил, что механизм Н.Кольцова укладывается в схему

формирования рефлексов, открытых И.Павловым. В.В.Савич пишет о механизме Кольцова: «А в то же время хорошо укладывается в схему образования условных рефлексов. Когда есть 2 достаточно возбужденных центра, между ними очень легко устанавливается новое замыкание. Как только замыкание совершилось, пускается процесс торможения – происходит проверка, дифференцировка. Все то, что не подкрепляется безусловным рефлексом, что не подтверждается опытом, угашается, отбрасывается» (В.В.Савич, 1922).

**184) Аналогия Юрия Иосифовича Александрова.** Нейрофизиолог Ю.И.Александров (2006) высказал гипотезу о том, что процессы воображения и реальных действий с предметами определяются одними и теми же нейронами, обратив внимание на аналогию паттернов мозговой активности при воображении и реальном осуществлении данного действия. В книге «Психофизиология» (2006) Ю.И.Александров пишет: «Основываясь на многочисленных, хотя и косвенных данных, показывающих значительное сходство паттернов мозговой активности при воображении и реальном осуществлении данного действия, можно предположить, что составы активированных нейронов при тестировании гипотезы во «внутреннем» и затем во внешнем планах существенно, хотя, конечно, не целиком, перекрываются» (Ю.И.Александров, 2006).

**185) Аналогия Евгения Николаевича Соколова.** Е.Н.Соколов (1996) высказал гипотезу о том, что организация нейронных ансамблей подчиняется векторному принципу кодирования, по аналогии с исследованиями шведского ученого Г.Йохансона (1950), разработавшего векторную психологию. Его векторный подход основывается на детальном изучении восприятия движения и возникающих в этом восприятии иллюзиях движения («Психофизиология» под ред. Ю.И.Александрова, 2006). Независимо от Е.Н.Соколова такое же предположение сделали и другие ученые. В частности, А.П.Георгопулус (1988, 1994), исследуя, как траектория движения руки обезьяны к цели определяется активностью ансамбля нейронов, предположил, что сигнал нейронального ансамбля кодирует направление, которое эквивалентно суммарному вектору преимущественного направления отдельных активных нейронов. Дж.Мидтгаард и В.Н.Росс (1993) показали, что способ определения направления в зрительном анализаторе основан на векторном кодировании.

**186) Аналогия Константина Анохина.** К.В.Анохин (2006) высказал идею, согласно которой молекулярно-генетические механизмы, определяющие процесс онтогенетического развития мозга (созревания нервной системы) и процесс обучения взрослого мозга составляют единый континуум, когда заметил, что в обоих процессах работают одни и те же гены. Другими словами, ученый выявил аналогию молекулярных каскадов экспрессии генов при консолидации памяти (накоплении опыта) во взрослом мозге и при регуляции роста и дифференцировки нервных клеток в формирующемся мозге. «...Новые данные молекулярной генетики, - пишет К.В.Анохин, - дают основание считать, что граница между развитием нервной системы и научением в действительности гораздо менее отчетлива, чем это считалось ранее. Наиболее конструктивным для установления контакта между физиологией научения и биологией развития оказалось исследование молекулярных основ консолидации памяти» («Психофизиология» под ред.Ю.И.Александрова, 2006). Об этой же аналогии процессов созревания мозга и процессов накопления опыта во взрослом мозге К.В.Анохин пишет в статье «Молекулярные основы обучения и развития мозга: на пути к синтезу» (сборник научных трудов «Когнитивные исследования», выпуск 3, Москва, 2009): «Моей целью является показать, что: а) новейшие исследования молекулярно-генетических механизмов обучения свидетельствуют в пользу их глубокого изохимизма с механизмами, вовлекаемыми в развитие нервной системы; б) эти данные заставляют полагать, что на молекулярно-генетическом уровне обучение продолжает процессы развития, составляя эпизоды дополнительного морфогенеза во взрослом мозге...» (Анохин, 2009, с.102).

## Глава 7

### Аналогии в области экономики

**1) Аналогия Франсуа Кенэ.** Французский экономист Ф.Кенэ (1758) построил модель движения товарных и денежных потоков в обществе по аналогии с процессом кровообращения в живых организмах. Об этой аналогии Ф.Кенэ пишут многие историки экономической науки. В.Автономов, О.Ананьин, Н.Макашева и другие в учебном пособии «История экономических учений» (2000) повествуют: «Воображение врача помогло Ф.Кенэ создать знаменитую Экономическую таблицу (1758), в которой хозяйственные процессы были представлены по аналогии с кровообращением в живом организме. Кенэ показал, что основу экономической жизни составляет постоянно повторяющийся кругооборот общественного продукта и денежных доходов» (В.Автономов, О.Ананьин, Н.Макашева, 2000). Йозеф Шумпетер в книге «История экономического анализа» (2004), характеризуя научные достижения Ф.Кенэ и других экономистов 18 века, подчеркивает: «Более того, как будет отмечено ниже, важнейшим достижением здесь являлась идея кругооборота. Соблазнительно предположить, что эта идея пришла именно к Кенэ как к врачу – по аналогии с кровообращением в человеческом теле. К тому времени прошло уже сто лет со дня его открытия, сделанного Уильямом Гарвеем (1578-1657), но его значение не утратило своей остроты (1628)» (Й.Шумпетер, 2004). Наконец, реконструкция указанных авторов подтверждается А.В.Аникиным, который в книге «Юность науки. Жизнь и идеи мыслителей – экономистов до Маркса» (1971) отмечает: «Медицина занимает большое место в жизни и деятельности Кенэ. По мосту философии он перешел от медицины к политической экономии. Человеческий организм и общество. Кровообращение или обмен веществ в человеческом теле и обращение продукта в обществе. Эта биологическая аналогия вела мысль Кенэ, и она остается небесполезной до сих пор. В своей квартире на антресолях Версальского дворца Кенэ прожил 25 лет и был вынужден съехать оттуда лишь за полгода до своей смерти, когда умер Людовик XV и новая власть выметала из дворца остатки прошлого царствования» (А.В.Аникин, 1971).

**2) Аналогия Вильяма Джевонса.** Английский экономист В.Джевонс сформулировал принцип убывающей предельной полезности по аналогии с исследованиями И.Бентама, Р.Дженнингса и Г.Маклеода, которые близко подошли к открытию данного принципа, согласно которому ценность того или иного продукта убывает по мере удовлетворения потребности. Марк Блауг в книге «Экономическая мысль в ретроспективе» (1994) пишет: «В 50-е годы возродился интерес к трудам Бентама; следуя по его пути, Ричард Дженнингс в 1855 г. выдвинул принцип убывающей предельной полезности в форме «закона об изменении ощущений», а Маклеод в 1858 г. предвосхитил понятие антитовара и антиполезности Джевонса в своем обсуждении нулевой и отрицательной ценности. То были авторы, из которых, по словам Джевонса, «более или менее осознанно развилась моя система» (М.Блауг, 1994). «Он взывал, - пишет М.Блауг о В.Джевонсе, - к физиологическому обобщению, в качестве авторитетного подтверждения цитируя Ричарда Дженнингса, что сила реакции на раздражитель снижается при каждом очередном его повторении в течение некоторого определенного промежутка времени. С публикацией книги Фехнера «Элементы психофизики» (1860) это утверждение стало известно как закон Вебера-Фехнера. Джевонс был единственным экономистом того периода, кто основал закон убывающей предельной полезности на физиологическом принципе» (М.Блауг, 1994).

**3) Аналогия Вильфредо Парето.** В.Парето дал предварительный набросок теоретической модели, описывающей экономическое равновесие в обществе, руководствуясь аналогией с теорией механического равновесия Лагранжа, а также аналогией с математическими идеями О.Коши. А.А.Зотов в статье «Ранний период творчества Вильфредо Парето» (журнал «Социологические исследования», 1998, № 11) пишет: «Профессор Джованни Бусино –

авторитетный биограф и исследователь социологии Парето – отмечает, что «Аналитическая механика» Лагранжа всегда была настольной книгой великого итальянского социолога [6, р.XV]. В построении математической экономики и политэкономии Парето мы можем найти немало аналогий с механикой Лагранжа и с теоретическими подходами, встречающимися у другого выдающегося французского математика – Огюстена Луи Коши (1789-1857)» (Зотов, 1998, с.135). «Окончив математический факультет, - продолжает А.А.Зотов, - Парето после прохождения воинской службы учился еще полтора года в Школе подготовки инженеров при Туринском университете. Здесь им была подготовлена диссертация: «Основные принципы теории упругости твердых тел и исследование условий, определяющих равновесие в них посредством интегрирования дифференциальных уравнений». Есть все основания считать, что она стала для будущего социолога отправным пунктом в исследовательской работе, с чем связаны отчасти его нередкие рассуждения об аналогии ряда экономических и социальных явлений с механическими. В своих теоретических работах по политэкономии он распространил механико-математические методы на исследование условий экономического равновесия, устанавливающегося между спросом и предложением, между потребностями человека и ограниченными средствами их удовлетворения» (там же, с.136).

**4) Аналогия Леона Вальраса.** Л.Вальрас (1870) пришел к идее о применении математического аппарата при анализе процессов экономического обмена и динамики изменения меновой стоимости по аналогии с использованием математических уравнений в механике и термодинамике. В.С.Автономов, И.В.Алешина и другие в книге «50 лекций по микроэкономике» (2004) цитируют Л.Вальраса: «...Чистая экономическая теория есть наука, во всех отношениях подобная наукам физико-математическим... Если чистая экономическая теория или теория обмена и меновой ценности, т.е. теория общественного богатства, взятая сама по себе, есть физико-математическая наука, подобно механике или термодинамике, тогда экономисты не должны бояться использовать методы и язык математики» (В.С.Автономов, И.В.Алешина и др., 2004). Л.Вальрас разработал математическую модель общего экономического равновесия по аналогии с математической теорией общего механического равновесия. Элементы этой механической теории он нашел в книге Л.Пуансо «Основы статики». «Гораздо более бесспорно, - замечают В.С.Автономов и И.В.Алешина, - влияние на Л.Вальраса Л.Пуансо, чьи «Основы статики», впервые опубликованные в 1803 г., он прочел еще в 19-летнем возрасте и десятилетиями хранил у себя. В этой книге была представлена картина взаимозависимости большого числа физических переменных, которые под влиянием динамических сил приходят в состояние равновесия относительно своего положения и траектории. Астрономия стала для Вальраса тем идеалом, к которому он стремился приблизить экономическую теорию» (В.С.Автономов, И.В.Алешина и др., 2004).

**5) Аналогия Леона Башелье.** Французский математик Л.Башелье (1900) разработал статистическую теорию изменения стоимости акций во времени, когда по аналогии перенес в теорию расчета цены акций результаты математической теории вероятностей. А.Е.Родкина в статье «О некоторых понятиях и проблемах финансовой математики» («Соросовский образовательный журнал», 1998, № 6) пишет: «За пять лет до Эйнштейна в 1900 году Л.Башелье предпринял попытку описать стоимость акций как случайный процесс. Хотя его рассуждения не обладали математической строгостью и содержали ошибочное допущение, что цены акций могут быть отрицательными, он был первым, кто заметил, что при малых промежутках времени  $Dt$  приращения  $Ds(t)$  цен акций ведут себя как  $\sqrt{Dt}$ » (А.Е.Родкина, 1998). А.Н.Ширяев в 1-ом томе книги «Основы стохастической финансовой математики» (1998) указывает: «Л.Башелье, без сомнения, был первым, кто стал для описания цен  $(S_n)_n \geq 0$  пользоваться понятиями и методами теории вероятностей, дающей модель для изучения эмпирических феноменов, характеризующихся статистической неопределенностью, но в то же самое время обладающих свойствами устойчивости статистических частот» (Ширяев, 1998, с.103).

**6) Аналогия Владимира Базарова.** Российский ученый В.А.Базаров (1923) высказал предположение о возможности построить экономическую науку по образцу с точными количественными науками, когда обнаружил аналогию между уравнениями денежной эмиссии и уравнениями, описывающими поведение идеальных газов. В.Фельдблюм в книге «Вторжение в незыблемое» (2007) пишет: «Впечатляющие наблюдения, касающиеся взаимодействия природных и экономических процессов и аналогии между ними были сделаны некоторыми русскими учеными вскоре после Октябрьской революции 1917 года. Мне посчастливилось в подлинниках читать их интереснейшие труды. В 1923 году Владимир Александрович Базаров нашел, что «уравнения законов денежной эмиссии тождественны с уравнениями идеальных газов» (В.Базаров. К методологии изучения денежной эмиссии. «Вестник Социалистической Академии», 1923, книга 4, стр.28-100). Он считал это не случайным совпадением, а примером «действительного единства» различных явлений. Эту мысль он развивал и в своей книге о капиталистических циклах (В.А.Базаров. Капиталистические циклы и восстановительный процесс хозяйства СССР. М.-Л. Госиздательство, 1927). В этой книге Базаров сделал попытку применить в экономической науке «конструктивные модели по образцу точного естествознания» (стр.66). Поражает воображение сравнение Базаровым процесса распродажи товаров на рынке с химической реакцией (там же, стр.70)» (Фельдблюм, 2007, с.33).

**7) Аналогия Леонида Канторовича.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1975 год Леонид Канторович (1939) разработал эффективный математический аппарат теории оптимального производственного планирования, из которой впоследствии вырос целый раздел современной математики – линейное программирование, когда по аналогии перенес в указанную теорию разрешающие множители Лагранжа, обобщенные для решения нерегулярных задач. А.М.Вершик в статье «О Л.В.Канторовиче и линейном программировании» (книга «Леонид Витальевич Канторович: человек и ученый», 2002) пишет: «Линейное и выпуклое программирование естественно обобщало теорию множителей Лагранжа на нерегулярные задачи (задачи на многогранных областях или, как бы мы сказали сейчас, на многообразиях с углами). То, что разрешающие множители были обобщением множителей Лагранжа, Л.В. отмечал с самого начала. Неклассические множители появлялись и в других областях, в первую очередь в теории оптимального управления в школе Понтрягина. Эта теория также обобщала условные вариационные задачи на случай нерегулярных ограничений...» (А.М.Вершик, 2002). Хочется отметить, что сам Ж.Л.Лагранж, развивая метод множителей, тоже реализовал аналогию. Сначала он применил этот метод при решении задач вариационного исчисления, а затем (через 9 лет) перенес его в область задач отыскания условного экстремума функции с произвольным числом переменных. Ю.П.Петров в книге «Лекции по истории прикладной математики» (2001) пишет: «Любопытно отметить, что первоначально знаменитое «правило множителей Лагранжа» было сформулировано именно для вариационных задач, и лишь 9 лет спустя, в «Теории аналитических функций» Лагранж формулирует его для задачи отыскания условного экстремума функции  $n$  переменных...» (Петров, 2001, с.185).

**8) Аналогия Леонида Канторовича.** Л.Канторович нашел решение транспортной задачи линейного программирования благодаря тому, что по аналогии перенес в линейное программирование открытый Г.Монжем наиболее экономный способ перемещения масс для строительства военных укреплений. В.М.Тихомиров в статье «Л.В.Канторович (1912-1986)» (сборник «Математическое просвещение», 2002, серия 3, выпуск 6) пишет: «Среди замечательных математических достижений с экономической «подоплекой» - обращение Канторовича к исследованию Монжа полуторавековой давности. Гаспар Монж – великий геометр XVIII века – выполнил работу о наиболее экономном способе перемещения масс для строительства военных укреплений – эта проблематика оказалась актуальной в эпоху

революций и войн. Леонид Витальевич по-новому взглянул на эту проблему, как на особый тип транспортной задачи линейного программирования. Эта проблема получила название задачи Монжа-Канторовича. Для этой задачи выписывается двойственная задача, решение которой диктует оптимальную стратегию перевозок» (Тихомиров, 2002, с.58).

**9) Аналогия Джона фон Неймана и Оскара Morgenштерна.** Дж. фон Нейман и О. Morgenштерн (1944) получили совершенно новые результаты в экономической науке благодаря тому, что перенесли в нее математическую теорию игр. Н.Н.Воробьев в статье «Развитие теории игр», которая является послесловием к книге Неймана и Morgenштерна «Теория игр и экономическое поведение» (Москва, «Наука», 1970), пишет: «В конце 30-х годов фон Нейман снова занялся вопросами теории игр, на этот раз совместно с экономистом О. Morgenштерном. В результате исследования по теории игр обрели если не непосредственную прикладную направленность, то, во всяком случае, своего рода «социальный заказ»: теория игр стала разрабатываться как математический аппарат для описания и анализа экономических явлений. Итогом этой многолетней работы явилась монография «Теория игр и экономическое поведение» (Воробьев, 1970, с.649). Об этом же пишет Амартия Сен в предисловии к книге Э.Мулена «Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели» (1991): «Джон фон Нейман и Оскар Morgenштерн установили плодотворность теории игр как инструмента анализа экономического поведения, общественной кооперации и стратегического анализа» (Сен, 1991, с.13).

**10) Аналогия Джона фон Неймана и Оскара Morgenштерна.** Дж. фон Нейман и О. Morgenштерн (1944) включили в математическую теорию игр операцию композиции игр по аналогии с прямыми произведениями групп из алгебраической теории. Н.Н.Воробьев в статье «Развитие теории игр» (книга Неймана и Morgenштерна «Теория игр и экономическое поведение», 1970) констатирует: «В гл. IX фон Нейман и Morgenштерн вводят на множестве всех игр (впрочем, здесь особенно было бы уместно говорить не о множестве игр, а о множестве всех характеристических функций) операцию композиции. Как и всюду в книге, авторы избегают явных указаний на математические (в данном случае – на алгебраические) аналогии, и лишь ссылка на книгу Биркгофа и Маклейна (на стр.353) указывает на те алгебраические ассоциации, которых не могло не быть у авторов и которыми они, быть может, даже руководствовались. Конструкция композиции игр весьма напоминает прямые произведения групп, аннулирующие суммы полугрупп, ортогональные произведения пространств – словом, те образования, в которых элементы из различных компонент взаимодействуют друг с другом наиболее простым образом» (Воробьев, 1970, с.664).

**11) Аналогия Джорджа Данцига, Альберта Таккера и других исследователей.** Д.Данциг и А.Таккер (1951, 1960) пришли к мысли о возможности решения ряда задач в теории матричных игр средствами линейного программирования, когда обратили внимание на аналогии между теорией матричных игр, которые анализировал еще Джон фон Нейман, и линейным программированием, разработанным Л.Канторовичем, Д.Данцигом и другими учеными. Собственно, еще фон Нейман заметил эти аналогии двух теорий. Н.Н.Воробьев в статье «Развитие теории игр» (книга Неймана и Morgenштерна «Теория игр и экономическое поведение», 1970) указывает: «По свидетельству Данцига [1], на связь между линейным программированием и теорией матричных игр указывал еще Дж. фон Нейман в 1947 г. Затем этими вопросами занимались Гейл, Кун и Таккер [1]. В наиболее естественной форме эквивалентность пары двойственных друг другу задач линейного программирования и матричной игры дается теоремой, принадлежащей Данцигу и Брауну и опубликованной Данцигом [2]» (Воробьев, 1970, с.672). «Эквивалентность решения матричной игры решению задач линейного программирования, - поясняет Н.Н.Воробьев, - позволяет применять к решению первых все приемы, разработанные для решения вторых. В частности, оптимальные стратегии в матричных играх можно находить при помощи известного симплекс-метода.

Весьма практичный способ решения матричной игры при помощи линейного программирования предложил Таккер [1]» (там же, с.672). Заметим, что симплекс-метод Данцига – это метод разрешающих множителей Лагранжа.

**12) Аналогия Джона Форбса Нэша.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1994 год Джон Нэш (1949) разработал теорию некооперативных (бескоалиционных) игр по аналогии с теорией кооперативных игр Неймана и Моргенштерна. Д.Нэш распространил результаты, полученные Нейманом и Моргенштерном, в область, выходящую за пределы исследований указанных ученых. Н.Н.Воробьев в статье «Развитие теории игр» (книга Неймана и Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение», 1970) пишет: «Как классическая кооперативная теория, так и теория игр без побочных платежей, по существу, имеют дело с поведением коалиции в условиях ее окружения, сводя большинство вопросов к антагонистической постановке или хотя бы к антагонистическим аналогиям. Ясно, что для более полного исследования игровых ситуаций нужны, прежде всего, более общие принципы разумного поведения игроков. Решительный шаг в этом направлении был сделан Нэшем [2], распространившим основную идею принципа максимина на произвольные бескоалиционные игры» (Воробьев, 1970, с.687). Д.Нэш использовал теорему Брауэра-Какутани о неподвижной точке в своей теории некооперативных игр по образцу с тем, как фон Нейман применял ее в своей концепции кооперативных игр. «Существование ситуаций равновесия в любой конечной бескоалиционной игре (разумеется, вообще говоря, в смешанных стратегиях), - констатирует Н.Н.Воробьев, - было доказано Нэшем [1]. Это доказательство, как и первое доказательство фон Неймана [1] теоремы о минимаксе (естественным обобщением которой оно является), опирается на теорему Брауэра о неподвижной точке» (там же, с.689). Примечательно то, что лауреат Нобелевской премии по экономике за 1983 год Ж.Дебре (1959) перенес теорему С.Какутани о неподвижной точке (аналог теоремы Брауэра о неподвижной точке) в теорию экономического равновесия. PS. Принцип максимина – аналог принципа минимакса.

**13) Аналогия Дж.Лайтхилла и Дж.Уизема.** Английские ученые Дж.Лайтхилл и Дж.Уизем (1953, 1955) расширили методологический арсенал теории транспортных потоков в результате того, что по аналогии перенесли в нее математические методы гидродинамики. Лайтхилл и Уизем уподобили потоки движущегося транспорта потокам воды и распространили в область транспортных потоков уравнение Бюргерса, являющееся скалярным одномерным уравнением Навье-Стокса для несжимаемой жидкости с единичной плотностью. Лайтхилл и Уизем нашли гидродинамическую интерпретацию гипотезы Гриншилдса, согласно которой рост плотности транспортного потока, то есть степени насыщения дороги автомобилями, приводит к снижению их скорости для обеспечения безопасной дистанции, что можно выразить математической формулой. В.В.Семенов в препринте статьи «Смена парадигмы в теории транспортных потоков» (Москва, ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, 2006) отмечает: «Модель Лайтхилла-Уизема совершила шаг от статических функциональных зависимостей параметров транспортного потока к описанию их динамической связи во времени и координате. Этот переход был достигнут фактически формальным применением представлений гидродинамики. Поэтому основная гипотеза модели Гриншилдса Лайтхиллом и Уиземом просто была «пересажена» на почву физики жидкостей [5]. Так, в 1955 году в своей классической работе [11] писали: «...Основная гипотеза теории состоит в том, что в любой точке дороги расход (автомобили в час) есть функция плотности (автомобили на милю)... ». На основе этого и еще ряда допущений и последующего обобщения удастся получить уравнение Бюргерса, которое можно рассматривать как скалярное одномерное уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости с единичной плотностью» (В.В.Семенов, 2006). «Модель Лайтхилла-Уизема [19], - подчеркивает В.В.Семенов, - позволила перейти от статических функциональных зависимостей параметров транспортного потока к описанию их динамической связи по

времени и координате. Этот переход был достигнут фактически формальным применением гидродинамического формализма» (В.В.Семенов, 2006).

**14) Аналогия А.Вильсона.** А.Вильсон (1960-е годы), автор работы «Энтропийные методы моделирования сложных систем» (1978), получил ряд новых результатов в концепции транспортных потоков благодаря тому, что по аналогии перенес в нее идеи и методы теории гравитационного взаимодействия и теории распределения энтропии. В.М.Сергеев в книге «Пределы рациональности» (1999) указывает: «В конце 60-х годов А.Вильсон предложил использовать энтропийный анализ для исследования транспортных потоков. В основном Вильсон применял технику максимизации энтропии для расчета транспортных задач, в частности, для «гравитационной модели» распределения путей передвижения, вводя некий аналог уравнений движения, где общее число поездок и число целей в каком-либо направлении рассматривалось как аналог массы, а цена поездки – как аналог расстояния. Энтропия использовалась для определения наиболее вероятного распределения поездок в различных направлениях. Несмотря на то, что Вильсон ограничивался в своих исследованиях транспортными задачами, он, по-видимому, понимал большие возможности термодинамического подхода к изучению социальных процессов» (Сергеев, 1999, с.140).

**15) Аналогия Гарри Марковица.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1990 год Гарри Марковиц (1952) разработал концепцию портфельных инвестиций в результате того, что по аналогии перенес в область экономической задачи выбора оптимального портфеля мощный аналитический аппарат теории случайных величин. А.А.Первозванский в статье «Математические методы на финансовом рынке» («Соросовский образовательный журнал», 1998, № 9) отмечает: «В 1952 году Г.Марковиц публикует статью с коротким названием «Выбор портфеля», которая стала начальной точкой нового этапа развития финансовой математики. Портфель – это набор инвестиций в различные виды ценных бумаг, в частности акций. Главная идея Марковица – считать доходность операций купли-продажи каждой ценной бумаги случайными величинами. (...) Иначе говоря, Марковиц заставил говорить рынок на языке теории вероятностей. Мощный аналитический аппарат этой теории сразу позволил формализовать задачу выбора наилучшего, оптимального портфеля как задачу минимизации квадратичной функции переменных, которыми являются доли капитала, вкладываемые в различные ценные бумаги» (А.А.Первозванский, 1998). Г.Марковиц вывел математическую формулу распределения значений доходности портфеля вокруг ее математического ожидания по аналогии с законом распределения вероятностей Гаусса. П.Бернштейн в книге «Против богов: укрощение риска» (2000) пишет: «Инвесторы всегда хотят владеть «самыми выгодными при данной цене» акциями. Ожидаемый доход от портфеля таких акций равен математическому ожиданию, или среднему от ожидаемого дохода отдельных пакетов акций, входящих в портфель. Но пакеты, обещающие наибольшие прибыли, часто приносят разочарование, тогда как другие превосходят самые оптимистичные прогнозы. Марковиц предположил, что распределение вероятностей значения доходности портфеля вокруг ее математического ожидания описывается симметричной нормальной кривой Гаусса. Распределение этой кривой вокруг среднего значения отражает изменчивость доходности портфеля – область возможных результатов и вероятностей отклонений фактической доходности портфеля от ожидаемой доходности. Именно это Марковиц имел в виду, вводя понятие дисперсии (изменчивости) как меры риска, или неопределенности дохода...» (П.Бернштейн, 2000).

**16) Аналогия Жерара Дебре и Кеннета Эрроу.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1983 год Ж.Дебре (1959) и лауреат Нобелевской премии по экономике за 1972 год К.Эрроу нашли математическое доказательство существования равновесия в конкурентной экономике, когда по аналогии перенесли в теорию экономического равновесия теорему Какутани о неподвижной точке из области топологии. Ранее Джон фон Нейман применял аналог этой

теоремы в своей математической теории игр. В.М.Сергеев в книге «Пределы рациональности. Термодинамический подход к теории экономического равновесия» (1999) пишет: «Теорема о том, что непрерывное отображение компактного выпуклого множества в себя имеет неподвижную точку, принадлежит Брауэру. Позднее С.Какутани сформулировал теорему о неподвижной точке для полунепрерывных сверху точечно-множественных отображений (1941), которая и была использована К.Эрроу и Ж.Дебре для доказательства существования равновесия в конкурентной экономике. Идея доказательств состоит в построении двух точечно-множественных отображений: множества векторов избыточного спроса в множество векторов цен и множества векторов цен в множество векторов избыточного спроса, а также в применении теоремы Какутани к комбинированному отображению, определенному на декартовом произведении множеств векторов и избыточного спроса» (Сергеев, 1999, с.136). Максим Тумилович в статье «Формализм, экономическое образование и экономическая наука» (журнал «Эковест», 2003, том 3, № 1), критикуя абстрактный подход Ж.Дебре и К.Эрроу к решению экономических проблем, освещает ту же аналогию названных ученых: «Что заставило Эрроу и Дебре взяться за перо? Вальрасу не удалось дать убедительное математическое доказательство того, что описывающая рынок система уравнений может иметь решение. Дебре и Эрроу применили теорему о неподвижной точке вместе с прочими математическими штучками и в результате нашли решение, то есть доказали, что равновесие существует» (Тумилович, 2003, с.121). Сам Ж.Дебре в статье «Четыре аспекта математической теории экономического равновесия» (журнал «Успехи математических наук», 1977, том 32, выпуск 1 (193)) указывает: «Хотя с начала 30-х до начала 50-х годов не было сделано ни одной работы по проблеме существования вальрасовского равновесия, в этот период в смежных областях был получен ряд результатов, которым позже суждено было сыграть главную роль в исследовании этой проблемы. Один из них – лемма, доказанная Дж.фон Нейманом [28] в связи с его моделью экономического роста. Эта лемма была переформулирована С.Какутани [21], как теорема о неподвижной точке, и эта теорема стала очень сильным инструментом для доказательства утверждений о существовании равновесных состояний в экономике» (Дебре, 1977, с.131). Ю.А.Данилов в книге «Джон фон Нейман» (Москва, «Знание», 1981) цитирует фон Неймана: «В 1935 г. я обобщил теорему о минимаксе (имея в виду ее приложения в теории цен и производства), воспользовавшись в еще более явном виде методом неподвижной точки» (Ю.А.Данилов, 1981). Эти слова фон Неймана не оставляют сомнений в том, что он использовал топологическую теорему о неподвижной точке в экономике до исследований Ж.Дебре и К.Эрроу.

**17) Аналогия К.Эрроу, Л.Гурвица, Л.Маккензи, Х.Никайдо, Ф.Хана.** К.Эрроу, Л.Гурвиц, Л.Маккензи, Х.Никайдо и Ф.Хан (1954, 1956) построили математическую теорию устойчивости экономического равновесия благодаря тому, что по аналогии перенесли в экономическую науку математическую теорию устойчивости выдающегося русского ученого А.М.Ляпунова (1892, 1897). Рой Вайнтрауб в статье «Теория общего равновесия» (сборник «Современная экономическая мысль», редакторы – В.С.Афанасьева и Р.М.Энтова, 1981) пишет: «Подобно тому, как при решении вопроса о существовании конкурентного равновесия использовалась теорема о непрерывной точке, теория устойчивости использовала новый для экономистов, но на самом деле достаточно старый математический аппарат: речь идет о «втором» (не требующем явного решения уравнений) методе анализа устойчивости, по Ляпунову» (Р.Вайнтрауб, 1981). Далее Р.Вайнтрауб поясняет то, что сделали указанные экономисты: «Использование второго метода Ляпунова позволило ряду авторов быстро выяснить достаточные условия устойчивости процессов «нащупывания» равновесия. Работы Эрроу и Гурвица, Хана, Негиши, Макензи, а также Никайдо и Узавы были подготовлены на протяжении довольно короткого периода. Эрроу, Блок и Гурвиц, например, доказали, что система (6) обладает «глобальной асимптотической устойчивостью», если функции избыточного спроса дифференцируемы и однородны в нулевой степени по ценам; эти функции должны удовлетворять закону Вальраса, кроме того, все товары в достаточной

степени наделены свойством валовой взаимозаменяемости» (Р.Вайнтрауб, 1981). Примечательно, что А.М.Ляпунов построил свою теорию устойчивости, включающую первый и второй метод определения устойчивости, при исследовании невозмущенного движения небесных объектов. Укажем, что один из ученых, переносивших теорию устойчивости Ляпунова в экономику, Леонид Гурвиц – лауреат Нобелевской премии по экономике за 2007 год.

**18) Аналогия Людвиг Берталанфи.** Создатель теории систем Людвиг Берталанфи (1962) пришел к идее о применении уравнений Вольтерра для описания экономических циклов подъема и спада по аналогии с использованием данных уравнений для описания циклических колебаний численности биологической популяции. В статье «Общая теория систем – критический обзор» (сборник «Исследования по общей теории систем», Москва, 1969) он аргументирует: «Следует особо подчеркнуть, что и в динамике популяций, и в биологической «борьбе за существование», и в эконометрии, и в исследовании гонки вооружений и т.д. – во всех этих случаях используется одно и то же семейство уравнений (которое в свое время было проанализировано Берталанфи [12]). Систематическое сравнение и исследование этих параллелизмов в высшей степени интересно и полезно. Можно, например, предположить, что законы, управляющие циклами экономической жизни, и законы колебаний популяции, по Вольтерра, вытекают из сходных условий конкуренции и взаимодействия в системе» (Л.Берталанфи, 1969).

**19) Аналогия Андрея Колмогорова.** А.Н.Колмогоров (1962) выдвинул гипотезу о существовании информационного каскада на финансовом рынке по аналогии с энергетическим каскадом в гидродинамической турбулентности. Кроме того, А.Н.Колмогоров ввел в экономику понятие перемежаемости кластеров с различной степенью волатильности (нестабильности рыночных перспектив) по аналогии с понятием перемежаемости между турбулентным и ламинарным движением. М.М.Дубовиков и Н.В.Старченко в статье «Эконофизика и анализ финансовых временных рядов» (сборник «Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории», Москва, МИФИ, 2007) пишут о работе Колмогорова: «Особое место в эконофизике занимает работа [35], где неожиданно была обнаружена аналогия, которая существует между энергетическим каскадом в гидродинамической турбулентности и информационным каскадом на финансовом рынке» (Дубовиков, Старченко, 2007, с.254). «Более того, - продолжают указанные авторы, - как показано в [35], даже хорошо известная перемежаемость между турбулентным и ламинарным движением имеет соответствие на рынке в виде перемежаемости кластеров высокой и низкой волатильности временного ряда» (там же, с.255-256). Об этом же говорит Р.Ф.Полищук в лекции «Современная физическая картина мира», прочитанной на семинаре «Синергетика», проходившем в музее землеведения МГУ (ноябрь 2009 г.). «Интересна аналогия, - отмечает он, - между энергетическим каскадом в гидродинамической турбулентности и информационным каскадом на финансовом рынке. В трехмерном турбулентном потоке кинетическая энергия передается от крупных масштабов к мелким. При этом существует интервал масштабов, на котором происходит подкачка энергии со стороны внешней силы: возникает так называемая масштабная инвариантность со степенной зависимостью наблюдаемых характеристик от координаты пространства, так что относительное значение наблюдаемой величины зависит только от отношения масштабов [12]. На рынке существует механизм распространения возмущений, напоминающий турбулентный каскад при передаче информации от агентов со сравнительно большим инвестиционным горизонтом к агентам с малым инвестиционным горизонтом...» (Р.Ф.Полищук, 2009).

**20) Аналогия Пола Самуэльсона.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1970 год Пол Самуэльсон (1965) построил концепцию изменения товарных цен во времени по аналогии с теорией броуновского движения (моделью случайного блуждания). Толчком для

проведения данной аналогии была случайная встреча выдающегося экономиста с диссертацией Леона Башелье, в которой содержалась вероятностная трактовка движения цен на акции. К тому времени эта работа Башелье была забыта в связи с тем, что к ней отрицательно отнесся А.Пуанкаре, и заслуга Самуэльсона состоит в том, что он вернул ее из забвения. А.А.Первозванский в статье «Математические методы на финансовом рынке» («Соросовский образовательный журнал», 1998, № 9) указывает: «Оказалось, что еще в начале века француз Леон Башелье предложил простое уравнение для описания изменения цен, сходное с описанием броуновского движения, почти тогда же данного великим А.Эйнштейном. В 60-е годы крупнейший математик и экономист П.Самуэльсон модифицирует уравнение Башелье и создает модель случайных блужданий, ставшую основой всех дальнейших теоретических построений. Главное свойство этой модели – доходности, получаемые от операций, проводимых за непересекающиеся отрезки времени, являются независимыми случайными величинами. Независимость же означает, что, зная доходности от операций в прошлом, нельзя предсказать их случайные колебания в будущем. На основе модели случайных блужданий П.Самуэльсон и его ученик Р.Мертон создали красивую теорию инвестиционных процессов, учитывающую, что инвесторы могут менять свои портфельные решения, оптимально управлять портфелем с течением времени» (А.А.Первозванский, 1998). В.Баранов в статье «Литературно-политическое эссе» (альманах «Лебедь», № 401 от 14 ноября 2004 г.) пишет: «Пример утраты шикарной идеи – диссертация Луи де Башелье от 1900 года, в которой автор обосновывал броуновский характер движения рыночных цен, пользуясь данными парижской биржи. Работа была найдена П.А.Самуэльсоном более чем через полвека и только усилиями этого добросовестного ученого (впоследствии Нобелевского лауреата) имя Л.Башелье было возвращено истории науки» (В.Баранов, 2004).

**21) Аналогия Пола Самуэльсона.** Пол Самуэльсон сформулировал принцип максимизации в своей экономической теории по аналогии с известным принципом Ле Шателье, согласно которому если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий, то равновесие смещается таким образом, чтобы уменьшить изменение. Принцип Ле Шателье был сформулирован в 1884 году. П.Самуэльсон в своей Нобелевской лекции «Принцип максимизации в экономическом анализе», представленной в книге Н.Е.Титовой «История экономических учений» (1997), пишет: «В качестве последней иллюстрации черной магии, посредством которой формула максимума позволяет получить четкие выводы относительно сложной системы с большим числом переменных, позвольте напомнить о работах, в которых я сформулировал и обобщил принцип, известный в физике как принцип Ле Шателье (Самуэльсон, 1947, 1958, 1960). Этот принцип был обнаружен почти сто лет тому назад французским физиком, который занимался термодинамикой, развивая в ней направление, связанное с именем Гиббса. Принцип не отличается большой ясностью» (П.Самуэльсон, 1997). «Теперь можно, - продолжает нобелевский лауреат по экономике, - сформулировать некое утверждение, которое можно назвать принципом Ле Шателье-Самуэльсона: жирная кривая долговременного приспособления при постоянной цене второго ресурса (и, конечно, при объеме закупок второго ресурса, измененном так, чтобы восстановить равновесие, отвечающее максимуму прибыли) должна иметь менее крутой наклон или большую эластичность, чем тонкая кривая, описывающая реакцию со стороны спроса, когда объем затрат второго ресурса зафиксирован» (П.Самуэльсон, 1997). Со слов Самуэльсона, «принцип Ле Шателье находит разнообразное применение не только в теории производства, но и в общей теории ограниченного рационального поведения» (там же).

**22) Аналогия Джеймса Бьюкенена.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1986 год Д.Бьюкенен сформулировал свою модель политических действий по аналогии с математической теорией игр, разработанной Д.фон Нейманом и О.Моргенштерном. В книге «Лауреаты Нобелевской премии» (1992) описывается взгляд Д.Бьюкенена на правила

политического выбора: «Разница между двумя уровнями выбора может быть выявлена как аналогия выбору, который люди делают во время игры. Сначала выбираются правила игры, затем происходит определение стратегии игры в рамках этих правил. В общем виде конституция может быть представлена как набор правил для ведения политической игры. Каждодневные политические действия представляют собой результат игры в рамках конституционных правил. Как показал Бьюкенен, использование этой аналогии может привести к пониманию ряда серьезных процессов. Подобно тому, как правила игры формируют ее вероятный исход, конституционные правила формируют результаты политики или затрудняют их достижение» («Лауреаты Нобелевской премии», 1992).

**23) Аналогия Гэри Беккера.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1992 год Гэри Беккер разработал теорию человеческого капитала, согласно которой финансовые вложения в образование создают человеческий капитал и увеличивают эффективность промышленного производства, по аналогии с концепцией физического капитала, постулирующей денежные вложения в технику и технологию в качестве условия экономического развития. Кроме Г.Беккера, теорию человеческого капитала развивали и другие ученые. В.С.Автономов, И.В.Алешина и другие в книге «50 лекций по микроэкономике» (2004) пишут: «Труд образованного и профессионально подготовленного человека производительнее, чем труд необученного. Если это верно, то нужно согласиться с утверждением, что вложения в образования создают человеческий капитал, подобно тому, как затраты на сооружения и оборудование создают капитал физический. Особенность человеческого капитала состоит в том, что он неотделим от самого человека. Теория человеческого капитала появилась в результате приложения экономической теории к проблемам экономики образования, здравоохранения и миграции. Хотя ее ключевые идеи были предвосхищены еще Адамом Смитом, стройное оформление и бурное развитие она получила в 60-е гг. XX столетия в работах Гэри Беккера, Якоба Минсера, Теодора Шульца и других экономистов» (В.С.Автономов, И.В.Алешина, 2004). Р.И.Капелюшников в статье «Теория человеческого капитала» (сайт «Креативная экономика», 09.10.2006 г.) пишет: «Центральное место в теории человеческого капитала принадлежит понятию внутренних норм отдачи. Они строятся по аналогии с нормами прибыли на капитал и позволяют оценивать эффективность человеческих инвестиций, прежде всего – в образование и производственную подготовку. Теоретики человеческого капитала исходят из представления, что при вложении средств в подготовку и образование учащиеся и их родители ведут себя рационально, взвешивая соответствующие выгоды и издержки. Подобно «обычным» предпринимателям, они сопоставляют ожидаемую предельную норму отдачи от таких вложений с доходностью (процентами по банковским депозитам, дивидендами по ценным бумагам и т.д.)» (Р.И.Капелюшников, 2006).

**24) Аналогия Роберта Мертона.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1997 год Роберт Мертон (1973) вывел математическую формулу, позволяющую определять цену опциона (контракта) по стоимости акций, когда по аналогии перенес в теорию расчета опционов результаты стохастического анализа, разработанного математиком Киоши Ито. Хотя выведенная Р.Мертоном формула расчета опционов называется формулой Блэка-Шоулза (Блэка-Шольца), именно Р.Мертон внес основной вклад в получение данной формулы, нацеленной на предсказание изменения стоимости опционов во времени. Отметим, что ранее стохастический анализ Ито широко применялся в сфере баллистики. Алексей Паевский в статье «Два «матнобеля» на одну Россию» («газета Ru», 22 августа 2006 г.) пишет: «Премия Гаусса, учрежденную совместно Международным Математическим союзом и Математическим союзом Германии и вручаемую за практические приложения в математике, конгресс присудил 90-летнему японцу Киоши Ито. Разрабатываемый им с 1940-х годов стохастический анализ нашел широкое практическое применение. Например, математика Ито легла в основу экономической формулы Блэка-Шольца, принесшей одному из ее авторов Нобелевскую премию по экономике за 1997 год» (А.Паевский, 2006). Сергей Голубицкий в

статье «Наградить посмертно!» («Бизнес-журнал», № 1 от 18 января 2006 г.) указывает: «Единственное, чего не хватало опционной модели «Блэка-Шоулза» для обретения статуса идеальной «техники динамического хеджирования», так это – умения предсказывать изменения стоимости опционов с опережением событий. Эту брешь и закрыл Роберт Мертон – артиллерист почти в прямом смысле слова. Проделав интеллектуальное сальто-мортале, Мертон адаптировал к финансовому рынку опционов теорию японского математика Кийоши Ито, которая доселе применялась исключительно в ракетной баллистике для расчета траектории полетов!» (С.Голубицкий, 2006). Об этом же пишет А.Б.Сосинский в статье «Мадрид: Международный конгресс математиков» (сборник «Математическое просвещение», 2007, серия 3, выпуск 11), имея в виду стохастический интеграл Ито: «В середине 60-х неожиданно выяснилось, что стохастический интеграл является идеальным инструментом для финансово-экономических исследований, в частности для изучения флуктуаций стоимости ценных бумаг, а потом появились и биологические приложения» (Сосинский, 2007, с.12).

**25) Аналогия Ричарда Нельсона и Сиднея Винтера (Уинтера).** Американские экономисты Ричард Нельсон и Сидней Винтер (1982) расширили горизонты экономической науки, когда по аналогии перенесли в нее комплекс понятий теории биологической эволюции (понятия отбора, выживания, наследственности, изменчивости и т.д.). Явление экономической конкуренции в теории указанных ученых рассматривается по аналогии с явлением биологической конкуренции. Павел Лукша в книге «Самовоспроизводство в эволюционной экономике» (2009) повествует: «Работой, которая положила начало широким дискуссиям об эволюционном подходе в экономике, стала книга Р.Нельсона и С.Винтера «Эволюционная теория экономических изменений». В этой монографии сделано предположение о том, что основным предметом эволюционного отбора, аналогичным по своему смыслу генам в биологических организмах, в социально-экономических организациях выступают рутины. Понятие рутины «охватывает широкий диапазон различных аспектов деятельности фирмы, начиная от вполне конкретных технических методов производства товаров и услуг, и далее через процедуры найма и увольнения, заказов нового оборудования или увеличения производства предметов повышенного спроса вплоть до политики в области инвестирования, НИОКР или рекламы и стратегии деловой активности в области диверсификации продукта и заграничных инвестиций» (Нельсон, Винтер, 2002, с.35)» (Лукша, 2009, с.49).

**26) Аналогия А.Алхияна.** А.Алхиян (1950) до Р.Нельсона и С.Винтера предложил рассматривать многие экономические процессы по аналогии с явлениями, происходящими в биологической эволюции. В.М.Сергеев в книге «Пределы рациональности. Термодинамический подход к теории экономического равновесия» (1999) указывает: «В 1950 г. А.Алхиян опубликовал работу [10.13], в которой на модельном уровне показал, как эволюция может заменить человеческую рациональность. Алхиян исходил из того, что неопределенность рынка обесценивает инструментальную рациональность. Он предложил рассматривать процесс естественного отбора в качестве средства, определяющего, какой характер деловой активности выживает, а какой нет. В качестве фильтра эволюции Алхиян предложил положительный доход от экономической деятельности при условии, что успешные образцы деловой активности копируются другими участниками экономического процесса, что и обеспечивает «размножение» соответствующего образца» (Сергеев, 1999, с.124). Об этом же В.М.Сергеев пишет в книге «Демократия как переговорный процесс» (1999): «...В политической теории практически не было попыток последовательно применять эволюционную теорию к процессу институциональных преобразований. Эволюционная теория предполагает существование определяющих принципов отбора. В экономике, после работы Алхияна [3], такой принцип стал почти очевидным – это институциональная эффективность» (В.М.Сергеев, 1999). «В том способе применения теории эволюции к экономическим феноменам, который предложил Алхиян, - поясняет В.М.Сергеев, -

эволюционируют субъекты – фирмы, использующие более эффективные процедуры, выживают» (В.М.Сергеев, 1999).

**27) Аналогия Филиппа Андерсона.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1977 год Ф.Андерсон пришел к идее использования понятия флуктуации в экономике для описания лавинообразных экономических изменений, по аналогии с применением данного понятия в концепции самоорганизованной критичности, построенной Пером Баком (1990). Отметим, что П.Бак построил данную концепцию в процессе исследования фликкер-шума (шума мерцания) на примере схождения лавины частиц с кучи песка. Кроме Ф.Андерсона, эту аналогию предложили и другие ученые. В.В.Попков и Д.Б.Берг в статье «Эконофизика и эволюционная экономика – перспективное направление исследований» («Материалы конференции по проблемам эконофизики», 2004) отмечают: «Ф.Андерсон из Принстонского университета, Б.Артур из Стэнфордского университета и др. (Бак П., Чен К. «Самоорганизованная критичность», 1991) пришли к выводу, что флуктуации в экономике также могут быть лавинами в самоорганизованном критическом состоянии системы. Б.Мандельброт проанализировал такие показатели, как индекс Доу-Джонса, и обнаружил флуктуации, аналогичные шуму мерцания. Метастабильные стационарные состояния экономики могут соответствовать различным метастабильным состояниям, представленным моделями динамической самоорганизации типа песочной кучи» (В.В.Попков и Д.Б.Берг, 2004). Честно говоря, Пер Бак, разработавший концепцию самоорганизованной критичности в области физики на простой модели кучи песка, в дальнейшем сам по аналогии перенес эту концепцию в область экономики. Василий Якимкин в статье «Локальная системная нестабильность валютного рынка» (журнал «Валютный спекулянт», 2006, № 09 (83)) пишет: «В своих работах Пер Бак и его коллеги утверждают, что в сложных системах, состоящих из огромного числа взаимодействующих агентов, крахи порождаются, как правило, не одним событием, пусть даже очень важным для системы, а результатом каскада мелких событий. Такое понимание самоорганизованной критичности Пер Бак очень удачно перенес на финансовый рынок, поскольку последний тоже является сложной адаптивной системой, на котором работают миллионы агентов» (В.Якимкин, 2006).

**28) Аналогия Вольфганга Вейдлица.** Немецкий физик В.Вейдлич дал набросок математической теории поведения индивидуумов в социальной группе по аналогии с математической теорией ферромагнетизма, в которой центральной идеей является модель Изинга. Д.А.Филатов в диссертации «Моделирование и анализ финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики» (Воронеж, 2007) указывает: «Главная идея Вейдлица основывалась на предположении, что поведение индивидуумов в социальных группах (к которым можно отнести и рыб, плавающих в косяках, и полет птиц в стае, и светлячков, мерцающих в унисон, и людей, подверженных тенденциям и настроениям моды) подобно молекулам в бруске железа. При некоторых условиях они ведут себя независимо друг от друга. В других случаях мышление тех же самых индивидуумов поляризуется, то есть личности будут действовать как толпа, и индивидуальное рациональное мышление заменяется коллективным. (...) (...) Фактически Вейдлич расширил хорошо известную модель ферромагнетизма Изинга на поляризацию мнения в социальных группах» (Филатов, 2007, с.104). В другом месте своей диссертации Д.А.Филатов вновь отмечает аналогию В.Вейдлица: «Как было указано выше, Вейдлич по аналогии между поведением индивидуумов в социальных группах и поведением молекул в ферромагнетике сделал предположение о вероятности переходов  $p \rightarrow (q)$  и  $p \leftarrow (q)$ . Он предположил, что индивидуумы подвергаются воздействию двух сил: силе внутреннего взаимодействия между самими индивидуумами и силе влияния внешних окружающих условий» (там же, с.108). Кроме В.Вейдлица, аналогию между моделью Изинга и групповым поведением индивидов проводили Е.Каллан и Д.Шапиро (1974). Э.Петерс в книге «Хаос и порядок на рынках капитала» (2000) пишет: «Каллан и Шапиро (1974) применили модель Изинга в социальных

науках. Они постулировали, что взаимодействие социальных групп подобно полету птиц в стаях и плаванию рыб в косяках и может быть представлено с помощью модели Изинга. Их основной целью было изучить, как люди следуют диктату моды и прихотям. Они назвали это теорией социальной имитации. Теория социальной имитации предполагает, что существует сильное сходство между поведением индивидов и поведением молекул в намагниченном бруске железа» (Петерс, 2000, с.219).

**29) Аналогия Тониса Веге.** Эстонский исследователь Тонис Веге (1990) разработал гипотезу когерентного рынка (рынка, в котором кооперативные явления преобладают над хаотическими процессами) по аналогии с той же моделью Изинга, которую использовали Е.Каллан и Д.Шапиро в теории социальной имитации. Д.А.Филатов в диссертации «Моделирование и анализ финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики» (Воронеж, 2007) отмечает: «Теория хаоса пытается предсказать движение рыночных цен с точки зрения нелинейных детерминистических моделей. В противоположность ей гипотеза когерентного рынка (СМН) является нелинейной статистической моделью. Модель была разработана Тонисом Веге и описана в 1990 году в статье [155]. В основе модели Веге использована теория социальной имитации, которая, в свою очередь, является развитием физической модели Изинга, описывающей когерентное молекулярное поведение в ферромагнетике (т.е. в металле, обладающем высокой магнитной проницаемостью)» (Филатов, 2007, с.102-103). Э.Петерс в книге «Хаос и порядок на рынках капитала» (2000) говорит о том же: «Веге взял за основу теорию социальной имитации, разработанную Калланом и Шапиро (1974) для моделирования поляризации общественного мнения. Их модель, в свою очередь, является развитием модели Изинга, описывающей когерентное молекулярное поведение намагниченного бруска железа» (Петерс, 2000, с.218). Отметим, что модель Изинга – это математическая модель статистической физики, предназначенная для описания намагничивания материала. В модели, предложенной немецким ученым Эрнестом Изингом (1924), магнитные моменты-спины, располагающиеся в узлах регулярной решетки различных тел, могут быть ориентированы только вдоль (или против) некоторого выделенного направления. Учитывается лишь взаимодействие соседних спинов, энергия которого принимает (в зависимости от их взаимной ориентации значения)  $\pm J$ . Эта модель принципиально важна в том отношении, что относится к системе, в которой наблюдаются кооперативные явления и фазовые переходы, и допускает математическое рассмотрение. Укажем, что аналогия Тониса Веге перекликается с аналогией Д.Хопфилда (1982) и аналогией М.В.Волькенштейна. Как известно, Д.Хопфилд построил математическую теорию ассоциативной памяти (нейронной сети) по образцу с теорией спиновых стекол, то есть с моделью Изинга. М.В.Волькенштейн расширил арсенал идей теории полимеров, когда перенес в нее одномерную модель Изинга. Он также применил эту модель для описания процесса редупликации молекулы ДНК, о чем в 1961 году написал в письме к Нильсу Бору: «Я работаю в области молекулярной физики и физики полимеров. В последние годы я пытаюсь развить некоторые теоретические исследования в молекулярной биофизике. Я воспользовался моделью Изинга для явлений ферромагнетизма в качестве основы статистико-термодинамической теории редупликации ДНК» (М.В.Волькенштейн, «Перекрестки науки», 1972).

**30) Аналогия Бенуа Мандельброта.** Б.Мандельброт (1970-е годы) пришел к идее об использовании метода нормированного размаха для анализа финансовых хроник, то есть временных рядов, фиксирующих изменение цен, по аналогии с исследованиями английского гидролога Гарольда Херста. Г.Херст использовал метод нормированного размаха для анализа временных рядов, отражающих изменение уровня воды в реке Нил за большой промежуток времени. Другими словами, Б.Мандельброт перенес в экономику метод, который первоначально был открыт в гидрологии. Б.Мандельброт перенес в экономику и показатель Херста, являющийся критерием предсказуемости временного ряда и равный 0,7 (в отличие от

величины 0,5, которая получается в случае использования модели случайных блужданий). А.Е.Сериков в статье «Фрактальный анализ временных рядов» (журнал «Социология», 2006, № 22) пишет о показателе Херста: «В свое время Херст на основе большого эмпирического материала продемонстрировал, что вопреки предпосылкам многих теоретиков этот показатель для многих природных процессов может быть более 0,5 и обычно равен примерно 0,7. Поэтому при  $H \approx 0,7$  формулу Херста называют эмпирическим законом Херста. Мандельброт доказал, что это свойство распространяется и на финансовые хроники, т.е. ряды, фиксирующие изменение цен» (Сериков, 2006, с.174). А.Е.Сериков раскрывает суть метода нормированного размаха: «Существует более простой и осмысленный способ фрактального анализа динамических рядов – так называемый метод накопленного отклонения, или метод нормированного размаха. Он основан на интерпретации Мандельбротом работ английского гидролога Гарольда Херста, исследовавшего закономерности изменения уровня воды в реке Нил. Согласно этому методу, анализируются не суммы самих данных, составляющих динамический ряд, а размах суммы отклонений этих данных от среднего арифметического, нормированный путем деления на стандартное отклонение. Суммы отклонений подсчитываются для различных периодов и для различного количества последовательных моментов наблюдений, которые выступают в качестве масштаба измерения» (там же, с.173-174).

**31) Аналогия Бенуа Мандельброта.** Б.Мандельброт (1999) разработал фрактальную модель изменения цен на рынке и изменения величины риска в ходе рыночной деятельности по аналогии с идеями и методами своей фрактальной геометрии. Б.Мандельброт в статье «Мультифрактальная прогулка вдоль Уолл Стрит» (журнал «Scientific American», февраль 1999) пишет: «Я утверждаю, что изменения финансовых цен можно объяснить моделью, полученной из моей работы по фрактальной геометрии. Фракталы – или их более поздняя разработка, названная мультифракталами, - не значит уверенно предсказывать будущее. Но они создают более реалистичную картину рыночных рисков. Учитывая недавние неприятности, постигшие крупные инвестиционные объединения, было бы безрассудно не исследовать модели, обеспечивающие более точные оценки риска» (Б.Мандельброт, 1999).

**32) Аналогия Никласа Лумана.** Немецкий исследователь Никлас Луман (1984) построил модель процессов самовоспроизводства в социальной системе по аналогии с теорией автопоэзиса чилийских нейрофизиологов Франциско Варелы и Умберто Матураны (1960-е годы), разработанной применительно к процессам самовоспроизводства на уровне живых клеток организма. Н.Луман перенес концепцию автопоэзиса из биологии в социологию. Павел Лукша в книге «Самовоспроизводство в эволюционной экономике» (2009) указывает: «В своей работе Луман отталкивается от концепций «кибернетики второго порядка», развитых фон Ферстером, Матураной и Варелой, в частности, от концепции автопоэзиса. Автопоэзис – это есть уникальная способность живых систем к самовоспроизводству: эти системы операционно замкнуты относительно самих себя, все процессы в них так или иначе направлены на поддержание их структуры как целого (Матурана, Варела, 1989, 2001). Воспроизводство является для автопоэтических структур частным случаем автопоэзиса. Луман переносит концепцию автопоэзиса на социальные системы. Согласно его тезису, общество – это самовоспроизводящаяся и самоописываемая система, постоянно устанавливающая границы между собой и своей средой. Самовоспроизводство системы осуществляется посредством процессов системной дифференциации, снижения сложности, операционной замкнутости и самореферентности (Луман, 1995)» (Лукша, 2009, с.46). Об этой же аналогии Н.Лумана пишет Фритьоф Капра в книге «Скрытые связи» (2004): «Основной вопрос состоит в следующем: каковы элементы автопоэтической социальной сети? Изначально Матурана и Варела полагали, что применимость концепции автопоэзиса должна быть ограничена описанием клеточных сетей; ко всему же многообразию живых систем, по их мнению, следовало применять более широкую концепцию «организационной

завершенности», не конкретизирующую характер производственных процессов. Представители другого научного направления, основанного социологом Никласом Луманом, придерживаются того мнения, что понятие автопоэзиса может быть распространено на социальную сферу и сформулировано в рамках социальной теории. Луман разработал весьма детальную теорию «социального автопоэзиса» [14]» (Капра, 2004, с.107-108). Реконструкция П.Лукши и Ф.Капры совпадает с описанием Д.В.Озирченко, который в статье «Некоторые понятия системной теории Никласа Лумана» («Социологический журнал», 1995, № 3) констатирует: «Собственно, именно с введением концепции автопоэзиса можно связать возникновение теории социальных систем Никласа Лумана в ее современном виде. Его *opus magnum* – работа «Социальные системы», практически вся посвящена введению и разработке концепции автопоэзиса в применении к области социального. Именно с введения этой концепции окончательно определяется общая тема – создание универсальной теории, которая применительно к некоей предметной области была бы теорией этой предметной области и макротеорией этой теории одновременно» (Д.В.Озирченко, 1995). Н.Луман полагал, что важным механизмом функционирования социальных автопоэтических сетей является коммуникативное взаимодействие. «Ключевой момент теории Лумана, - поясняет Ф.Капра, - установление того, что элементами социальных сетей являются коммуникации: «Социальные системы используют коммуникации (общение) в качестве специфического способа автопоэтического воспроизводства. Их элементы суть коммуникации, которые рекурсивно производятся и воспроизводятся коммуникативной сетью и не могут существовать вне ее» [16]. Такие сети коммуникаций являются самовоспроизводящимися» (Капра, 2004, с.108).

**33) Аналогия Владислава Фельдблюма.** Российский исследователь Владислав Фельдблюм (1995) пришел к мысли о возможности переноса в экономику математического аппарата физической химии, когда обнаружил аналогию между воздействием человека с помощью различных средств труда на вещество природы в процессе материального производства и воздействием катализатора на вещество в процессе каталитической химической реакции. Знакомясь с «Капиталом» Карла Маркса, В.Фельдблюм нашел в данной книге утверждение о том, что 1) человек, 2) имеющиеся у него средства труда и 3) вещество природы, на которое он воздействует с помощью этих средств, образуют комплекс. Это оказалось аналогично тому комплексу, которое образовано веществом (соединением) и катализатором, воздействующим на него в ходе химической реакции. В.Фельдблюм в книге «Вторжение в незыблемое (путь химика в политическую экономию)» (2007) пишет: «Не вдаваясь в подробности, скажу, что я впервые подверг понятие о труде, взятое из «Капитала», детальному математическому анализу с применением физико-химической аналогии. Обнаружилось поразительно глубокое сходство между обобщенным процессом труда и обратимой химической реакцией, протекающей в присутствии катализатора! Этот интересный вопрос подробно рассмотрен в моей книге «К общеэкономической теории через взаимодействие наук», к которой я и адресую читателя, желающего разобраться во всем этом более основательно. Эта феноменальная аналогия открыла уникальную возможность применить для исследования социально-экономических процессов строгие научные методы естествознания и математики. Я действовал примерно тем же методом, который в свое время применил австрийский физик-теоретик Эрвин Шредингер, основоположник современной квантовой химии» (Фельдблюм, 2007, с.34). В.Фельдблюм в статье «О Марксе по-новому» (сайт «Физтех-Портал», 26.03.2009 г.) говорит о том, как он обнаружил аналогию между схемой Маркса, в которой труд интерпретируется как функционирование комплекса «человек-средства труда-предметы труда (вещество)» и схемой каталитической реакции «катализатор-природное вещество». «Если бы я не был физико-химиком, - подчеркивает В.Фельдблюм, - то наверняка не обратил бы внимания на поразительное сходство этой схемы с кинетической схемой некоторых химических реакций. Что происходит при химической реакции, протекающей в присутствии катализатора? Учитывая, что читателем этого сообщения может быть и неспециалист, несколько упростим изложение и отметим лишь главное. Имеются исходное вещество –

реагент и катализатор. Они образуют каталитический комплекс. В нем реагент превращается в продукт реакции. Эту химическую реакцию специалисты по физической химии уже давно изображают так называемой кинетической схемой. И вот, мне удалось сделать поразительное наблюдение: если сравнить обе схемы, то получается абсолютно полная аналогия!» (В.Фельдблюм, 2009). Далее в той же статье В.Фельдблюм перечисляет основные параллели (анalogии) между химическими реакциями и процессом материального производства: «Химическому понятию скорости реакции можно поставить в соответствие понятие скорости общественного производства. Материальному балансу химической реакции соответствует экономический баланс, но уже не только в натуральном, как в химии, но и в денежном выражении. Важными характеристиками химических реакций являются константы скорости. По аналогии, есть экономические факторы, определяющие скорость общественного производства. Ключевым понятием физической химии является энергия активации химического процесса. В экономике это – трудовая активность экономических агентов. И этот перечень химических и экономических аналогов можно продолжить» (В.Фельдблюм, 2009). Резюмируя сказанное, ученый отмечает: «Смысл и значение этой удивительно глубокой аналогии между экономическими и химическими процессами заключаются в том, что открывается уникальная возможность применить для математического анализа общественного производства уже давно известные и надежные математические методы физической химии» (В.Фельдблюм, 2009).

**34) Аналогия Виктора Михайловича Сергеева.** Российский ученый В.М.Сергеев (1999) разработал теорию экономического равновесия по аналогии с теорией термодинамического равновесия. Он перенес в область экономики математические методы термодинамики и статистической физики. В.М.Сергеев в книге «Пределы рациональности. Термодинамический подход к теории экономического равновесия» (1999) пишет: «...Идея термодинамического равновесия вполне годится и для описания экономических систем, которые, так же как и физические макросистемы, имеют два уровня описания и очевидно наблюдаемые потоки перемещения денег, товаров и людей. И описание это должно быть эквивалентно термодинамическому описанию физических систем, но при этом параметры равновесия – температура, давление, химический потенциал – приобретут, конечно, совершенно иные интерпретации, связанные именно со спецификой описания экономических систем» (Сергеев, 1999, с.39). «...Может быть развита, - подчеркивает В.М.Сергеев, - термодинамическая теория, основанная на термодинамической метафоре, схватывающая экономическую реальность лучше, чем системы уравнений, написанные на основе механической метафоры» (там же, с.39). В.М.Сергеев акцентирует внимание на следующем факте: «...Уравнение состояния свободного рынка в точности совпадает с уравнением состояния идеального газа» (там же, с.62). В.М.Сергеев ввел в теорию экономических (транзакционных) издержек понятие миграционного потенциала по аналогии с понятием химического потенциала из области статистической физики. В статье «Как возможны социальные изменения?» (журнал «Полис», 2001, № 6) В.М.Сергеев указывает: «Предлагаемое здесь толкование социального взаимодействия позволяет осмыслить на основе термодинамических представлений широкий круг социальных процессов, например, процессы миграции. В этом случае для определения равновесия потребуется еще один параметр – миграционный потенциал (эквивалент химического потенциала в физических системах), равенство которого для двух находящихся в контакте систем выступает условием неизменности числа субъектов в каждой из них» (В.М.Сергеев, 2001).

**35) Аналогия Виктора Михайловича Сергеева.** В.М.Сергеев (1999) вывел формулу распределения доходов среди субъектов экономической деятельности, по аналогии с формулой Больцмана для распределения молекул по энергии. Напомним, что указанная формула Больцмана является аналогом формулы Максвелла, предложенной для описания распределения молекул газа по скоростям. В.М.Сергеев в книге «Пределы рациональности.

Термодинамический подход к теории экономического равновесия» (1999) аргументирует: «Рассмотрим теперь вопрос о том, как распределяется доход по субъектам экономической деятельности. В рамках термодинамической модели оказывается, что существует универсальная функция распределения, форма которой, если число субъектов остается постоянным, зависит только от температуры. Эта ситуация хорошо известна в статистической термодинамике, где такое распределение называется распределением Больцмана» (Сергеев, 1999, с.45). Говоря о формуле распределения доходов среди людей, В.М.Сергеев отмечает: «Заметим, что при получении этой формулы мы не делали никаких предположений, кроме двух: однородности системы, т.е. возможности разбить ее на взаимодействующие части без возникновения потоков дохода от одной части к другой, и о сохранении общего дохода. Приведенный вывод полностью повторяет традиционный вывод распределения Больцмана в статистической термодинамике» (там же, с.46). Бросается в глаза то обстоятельство, что данная аналогия В.М.Сергеева переключается с аналогией Г.Марковица. Мы уже говорили, что лауреат Нобелевской премии по экономике за 1990 год Г.Марковиц (1952) вывел математическую формулу распределения значений доходности портфеля вокруг ее математического ожидания по аналогии с законом распределения вероятностей Гаусса. Об этом пишет П.Бернштейн в книге «Против богов: укрощение риска» (2000). В.М.Сергеев разработал модель пространства социального взаимодействия, то есть модель связи различных экономических агентов в социальной сети, когда по аналогии перенес в область социального взаимодействия математическую теорию графов, которая ранее применялась при описании структуры сложных химических веществ, а также электрических и информационных сетей. В.М.Сергеев в статье «Как возможны социальные изменения?» (журнал «Полис», 2001, № 6) пишет: «Но если физическое пространство не способно служить «вместилищем» взаимодействия, что должно рассматриваться в качестве «пространства социального взаимодействия»? Ответ на данный вопрос – одна из центральных тем настоящей работы. И этот ответ при всей своей простоте представляется довольно неожиданным. Если объектом социального исследования становятся социальные сети, каждая связь в которых характеризуется транзакционными издержками, то почему бы не считать таким пространством граф социальной сети – то есть множество вершин – «агентов», связываемых ребрами «взаимодействия»? Проблема сразу решается» (В.М.Сергеев, 2001).

**36) Аналогия Виктора Михайловича Сергеева.** В.М.Сергеев (1999, 2001) построил модель скачкообразных изменений массового сознания и поведения людей в обществе по аналогии с теорией фазовых переходов, феноменологический вариант которой был разработан в физике Л.Д.Ландау. В.М.Сергеев в статье «Как возможны социальные изменения?» (журнал «Полис», 2001, № 6) констатирует: «Вряд ли кого-нибудь удивит проведение аналогии между скачкообразными изменениями массового сознания и поведения и фазовыми переходами в физических системах. Формальных сходств довольно много: в обоих случаях имеют место «массовые процессы», системы состоят из большого количества элементов, а при изменениях (не всегда очевидных) некоторых величин «скачком» меняются наблюдаемые макроскопические параметры системы, что ведет к модификации ее внутренней структуры. Это наличие одинаковых свойств порождает метафоры «кристаллизации», «перегрева», «переохлаждения», широко употребляющиеся при описании социальных систем. Есть общая для обоих случаев характеристика, подкрепляющая подобные метафоры, - равновесие. И здесь, и там при скачкообразном переходе происходит потеря равновесия в одном состоянии и обретение его в другом. Ниже мы постараемся показать, что и по отношению к обществу можно выработать понятие, чрезвычайно близкое к понятию термодинамического равновесия в физических системах, и на его основе развить теорию изменений в массовом сознании и поведении» (В.М.Сергеев, 2001). «...Можно показать, - аргументирует В.М.Сергеев, - что в определенных обстоятельствах экономические параметры социальной системы способны скачкообразно меняться. В этом случае можно считать, что модель претерпевает – с чисто

математической точки зрения – фазовые переходы, аналогичные фазовым переходам в физических системах [Сергеев, 1999]» (В.М.Сергеев, 2001).

**37) Аналогия Виктора Маслова.** Академик РАН В.П.Маслов (2005) пришел к идее о возможности переноса в экономику математических методов теории сверхпроводимости, разработанной Купером-Бардином-Шриффером, когда заметил аналогию между образованием куперовских пар электронов в сверхпроводнике и образованием пар «покупатель-продавец» в рыночной сфере. В.П.Маслов в статье «Нелинейное среднее в экономике» (журнал «Математические заметки», 2005, выпуск 3) пишет: «Кроме таких равновесных цен, могут еще образовываться вертикальные пары на отдельные потребительские блага и пары продавец-покупатель, т.е. постоянный продавец – постоянный покупатель, и соответственно образуются цены, связанные с этими парами. Аналогом в квантовой статистике являются куперовские пары. Эта конструкция требует привлечения метода ультравторичного квантования в абстрактной алгебраической форме, которая могла бы быть применима в экономике. Эта теория приводит к образованию «вертикальных кластеров» (В.П.Маслов, 2005).

**38) Аналогия Виктора Маслова.** Академик РАН В.П.Маслов (2005) сформулировал предположение о возможности описания ряда экономических явлений методами квантовой статистики, когда обратил внимание на ряд параллелей между экономикой и физикой. В частности, в экономике действует принцип неопределенности, аналогичный принципу неопределенности Гейзенберга в квантовой теории, а неразличимые купюры денег, находящихся в обращении у граждан, имеют значительное сходство с неразличимыми бозе-частицами в известной статистике Бозе-Эйнштейна. В.П.Маслов в статье «Капиталистическая математика» (электронный сайт В.П.Маслова, 2005) пишет: «Во-первых, деньги, которые в экономике играют существенную роль, подчиняются статистике Бозе, а не статистике Больцмана. В связи с этим формулы Массе изменяются. Статистика Бозе-Эйнштейна тоже подчиняется некоторой арифметике, некоторому полукольцу» (В.П.Маслов, 2005). «Если рассматривать динамику цен акций и изменение рынка локально во времени и пространстве, - рассуждает В.П.Маслов, - то перейти от нее к глобальной картине просто невозможно, поскольку первая действительно зависит от воли влиятельных фигур, политической обстановки и т.д. Тем не менее, такая картина существует, как мы увидим из дальнейшего, и что самое удивительное, - она близка к квантовой статистической теории, что, по-видимому, на интуитивном уровне понимал великий знаток рынка Джордж Сорос, который говорил о «принципе неопределенности» как об основном принципе рынка, имея в виду некий принцип, аналогичный, судя по использованному термину, принципу неопределенности Гейзенберга» (В.П.Маслов, 2005). «Аналогии финансовой теории с квантовой статистикой проявляются в ряде факторов, но вместе с тем есть и существенные различия. Сначала остановимся на аналогиях. 1) Купюры одного достоинства неразличимы, как неразличимы бозе-частицы. 2) Эффект пробоя курса акций математически аналогичен эффекту фонтанирования сверхтекучего гелия при нагревании капилляра (эффект открыт Дж.Алленом в 1933 г.). 3) В финансовых системах имеет место аналог фазового перехода в конденсат. 4) Имеется прямая аналогия с термодинамикой, причем роль интенсивных величин играют частотные вероятности. (...) 5) Может быть предъявлен гамильтониан финансовой задачи, и имеет место принцип неопределенности» (В.П.Маслов, 2005).

**39) Аналогия Андрея Евгеньевича Петрова.** Доктор технических наук, академик РАЕН А.Е.Петров (2005) пришел к идее об использовании тензорного анализа (тензорной методологии) при описании экономических сетей – движения потоков промышленных ресурсов и денежных средств, по аналогии с работами американского физика и инженера Габриэля Крона. Г.Крон (1934) использовал тензорную методологию при описании электрических сетей. А.Е.Петров в статье «Тензорный метод и физическая экономика»

(альманах «Восток», № 7/8 (31/32), июль-август 2005 г.) пишет: «Применение тензорного метода в теории систем имеет ряд особенностей, которых нет в геометрии и физике. Начало применению тензоров в этой области положили работы американского ученого и инженера Г.Крона в 30-60-х годах. Развитию и приложению способствовали работы отечественных ученых Л.Т.Кузина и П.Г.Кузнецова в 60-90-х годах, а также их учеников, к которым относит себя автор» (А.Е.Петров, 2005). «Технология применения тензорного метода в экономике, - поясняет А.Е.Петров, - в общих чертах не отличается от технологии, применявшейся Кроном и его последователями для исследования технических систем. Принципиальное отличие в том, что экономика как система накопления и концентрации свободной энергии относится к живым системам. В технических (неживых) системах происходит только рассеивание энергии, а в экономических (как и всяких живых) системах происходит не только рассеивание, но и накопление энергии» (А.Е.Петров, 2005). «Для проектирования устойчивого развития, - аргументирует А.Е.Петров, - необходим расчет вариантов производства продуктов, потоков ресурсов, денежных средств, движения капитала на фондовых рынках, при разных вариантах структуры связей. Таким образом, потоки продуктов и финансовые потоки связаны со структурой их расположения и взаимодействия. Это позволяет применять тензорный метод для решения задач взаимодействия процессов и структуры физической экономики» (А.Е.Петров, 2005). Необходимо отметить, что А.Е.Петров еще в 1977-1979 годах построил модель задачи экономического баланса в виде эквивалентной электрической цепи.

**40) Аналогия Пола Кругмана.** Лауреат Нобелевской премии по экономике за 2008 год Пол Кругман получил ряд важных результатов в теории внешней торговли, когда по аналогии перенес в нее принцип возрастающих доходов и принцип несовершенной конкуренции из теории внутренней торговли, то есть из других областей экономического знания. А.Субраманьян в статье «Экономист - борец» (журнал «Финансы и развитие», июнь 2006 г.) пишет: «Кругман считает, что самым большим его достижением является включение принципа возрастающих доходов и несовершенной конкуренции в теорию международной торговли. Идея возрастающих доходов была известна экономистам, по крайней мере, со времен Адама Смита, как было известно и то, что возрастающие доходы влияют на конкуренцию и международную торговлю: в частности, они несовместимы с допущением о совершенной конкуренции, которое лежит в основе традиционной теории внешней торговли. Кругман был одним из первых экономистов, кто явным образом включил принцип возрастающих доходов и несовершенную конкуренцию в модели внешней торговли (он отмечает, что эти идеи были развиты одновременно, но независимо двумя другими исследователями – Виктором Норманном и Келвином Ланкастером). Это стало радикальным поворотом. Настолько радикальным, что ведущие журналы отклонили одну из его ранних статей...» (А.Субраманьян, 2006).

**41) Аналогия Евгения Попова и Дмитрия Егорова.** Российский ученый Е.В.Попов (2007) разработал диффузионную модель описания эволюции миниэкономических институтов по аналогии с диффузионными моделями описания развития различных физических процессов. Е.В.Попов перенес в сферу экономики закон диффузии А.Фика. Г.Клейнер в статье «Эволюционная теория, теория самовоспроизводства и экономическое развитие» («Экономический портал», 18.06.2008 г.) пишет о докладе Е.В.Попова, с которым он выступил на VII Международном симпозиуме по эволюционной экономике: «В докладе Е.В.Попова (ИЭ УрО РАН) была рассмотрена проблема формирования диффузионной модели эволюции миниэкономических институтов. Появление и распространение институтов можно по аналогии с физическими процессами описывать законом диффузии Фика, отражающим процесс изменения концентрации при распространении одной субстанции в другой. Эмпирические обобщения и регрессионный анализ подтверждают высказанное предположение о возможности использования подобных аналогий и моделей. Эволюция

конкретных миниэкономических институтов рассмотрена на основе теории жизненного цикла» (Г.Клейнер, 2008). Напомним, что известный ученый 19 века Адольф Фик (1855) открыл математическое уравнение диффузии (распространения вещества в той или иной среде) по аналогии с математическим уравнением Ж.Фурье для потока тепла (распространения тепла в среде). Аналогия Е.В.Попова перекликается с аналогией Д.Г.Егорова, который в статье «Возможность согласования макро- и микро-экономики в рамках подхода Мориса Алле» (журнал «Общественные науки и современность», 2009, № 1) пишет: «Теперь вернемся к концепции М.Алле – представления экономической системы как поиска излишка. Подобно тому, как для парадигмы Эрроу-Дебре аналоговой моделью служит метафора весов, базовой аналоговой моделью для поиска излишка может, по нашему мнению, служить процесс диффузии в физических (термодинамических) системах. Ввиду важности этой метафоры для нашего последующего изложения уточним, что есть диффузия: это перераспределение какого-либо компонента в пространстве в результате случайного теплового блуждания отдельных атомов. Дадим нашу интерпретацию диффузионно-термодинамической модели экономической системы: множеству точек пространства соответствует множество экономических агентов; точки принимаются находящимися рядом, если между агентами есть информационная связь; под концентрациями веществ (товаров) здесь мы будем понимать оценки их полезности агентами – собственниками; если они отличаются в соседних точках – происходит диффузия компонента, - т.е. происходит образование и распределения излишка. Подобно тому, как в любой связанной физической системе рано или поздно устанавливается диффузионное равновесие, в такой идеальной экономической системе также установится равновесие – когда все возможные излишки будут выявлены» (Д.Г.Егоров, 2009). «Мы построили, - резюмирует Д.Г.Егоров, - микро-модель нелинейного рефлексивного (в понятии Дж.Сороса) финансового процесса (ибо особенно рельефно обсуждаемые эффекты проявляются именно на финансовых рынках) на основе модельного уравнения распространения тепла в нелинейной среде с горением...» (Д.Г.Егоров, 2009).

## Глава 8

### Аналогии в области психологии, этологии, лингвистики

**1) Аналогия Рене Декарта.** Р.Декарт (1633) разработал теоретическую схему, объясняющую функции организма животных и человека, по аналогии с принципами функционирования механических автоматов (машин). Данная аналогия Декарта оказала колоссальное влияние на развитие психологии. М.Г.Ярошевский в книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) отмечает: «...Декартова схема, несмотря на ее умозрительный характер, стала великим открытием в психологии» (Ярошевский, 1997, с.78). Со слов М.Г.Ярошевского, «в своих исследованиях Декарт ориентировался на модель организма как механически работающей системы. Тем самым живое тело, которое во всей прежней истории знаний рассматривалось как одушевленное, т.е. одаренное и управляемое душой, освобождалось от ее влияния и вмешательства. Отныне различие между неорганическими и органическими телами объяснялось по критерию отнесенности последних к объектам, действующим по типу простых технических устройств. В век, когда эти устройства со все большей определенностью утверждались в общественном производстве, далекая от производства научная мысль объясняла по их образцу и подобию функции организма» (там же, с.77). Об этой же аналогии пишут Д.Шульц и С.Э.Шульц в книге «История современной психологии» (1998): «Таким образом, функционирование тела сходно с работой машины, подчиняющейся законам механики. Следуя этим рассуждениям, Декарт все физиологические процессы стал объяснять в физических терминах. Декарт в значительной мере находился под влиянием общего «духа времени», представлявшего мир в виде гигантского часового механизма. Находясь в Париже, он интересовался различными механическими диковинными фигурами, выставленными в королевских парках на обозрение публики. Рассказывают, что много часов он провел, опробуя механические фигуры – сюрпризы. (...) Рассматривая природу тела, Декарт напрямую апеллировал к механико-гидравлической модели. По его мнению, возбуждение передается по нервам, как жидкость по трубам, а мускулы и сухожилия подобны двигателю и пружинам» (Д.Шульц, С.Э.Шульц, 1998, с.48).

**2) Аналогия Рене Декарта.** Р.Декарт выдвинул идею о важной роли ассоциаций в поведении животных и человека по аналогии с представлением Аристотеля о важной роли ассоциаций в работе органов чувств. Другими словами, Декарт перенес понятие ассоциации, использованное Аристотелем для описания работы органов чувств, на поведение в целом. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) отмечает: «Обсуждая возможность изменить течение рефлекса, т.е. возможность обучения и формирования желательного поведения, Декарт использовал понятие ассоциация, введенное еще Аристотелем. Однако если у Аристотеля ассоциации связаны, прежде всего, с работой органов чувств, то Декарт распространяет ассоциации и на поведение, говоря о связи между двумя действиями или действием и образом предмета. Так, выстрел, который приводит к естественному движению – убежать, скрыться, может при обучении изменить свою функцию, например у солдата стать сигналом к атаке, а у охотничьей собаки – к поиску дичи» (Марцинковская, 2007, с.117).

**3) Аналогия Давида Гартли.** Д.Гартли (1749) сформулировал идею о волновой (вибрационной) природе нервных импульсов, передающихся из одной части тела в другую и определяющей работу нервной системы, по аналогии с волновыми свойствами любого импульса в физическом мире. Д.Шульц и С.Э.Шульц в книге «История современной психологии» (1998) подчеркивают: «По мнению Исаака Ньютона, одной из основных характеристик любого импульса в физическом мире являются его волновые свойства, вибрации. Гартли применил эту идею к пониманию функционирования мозга и нервной системы в целом. Можно сказать, что в своих работах он предвосхитил многие идеи современной нейропсихологии. Посредством вибрации импульсы передают по нервам (Гартли считал их цельными структурами, а не полыми трубками, как Декарт) из одной части

тела в другие. Эти вибрации порождают малые колебания в мозге. С точки зрения Гартли, мозговые вибрации и являются физиологической основой появления идей у человека» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.61). В книге «Психофизиология» (редактор – Ю.И.Александров, 2006) А.Н.Лебедев говорит о том же: «О волновой природе единиц памяти впервые заговорил знаменитый английский врач Дэвид Гартли., основоположник психофизиологии. Пакеты нейронных волн генерируются нервными клетками, хотя и расположенными в разных центральных структурах, но взаимосвязанными, объединенными в ансамбли» (Лебедев, 2006, с.119). О том, что Д.Гартли переносил в психологию принципы механики Ньютона, говорит также М.Г.Ярошевский. В книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) он пишет: «Хотя понятие ассоциации было введено еще Аристотелем, а сам термин – английским философом Д.Локком, подход к ассоциации как универсальному механизму психической жизни был сформулирован впервые именно Гартли. В основу своей теории Гартли положил идею Локка об опытном характере знания, а также принципы механики Ньютона. Вообще понимание человеческого организма, принципов его работы, в том числе и работы нервной системы, по аналогии с законами механики, открытыми в то время, было очень характерной приметой психологии 18 века. Не избежал такого подхода и Гартли, который стремился объяснить поведение человека исходя из физических принципов» (Ярошевский, 1997, с.93).

**4) Аналогия Джона Стюарта Милля.** Д.С.Милль (1843) выдвинул гипотезу о том, что при ассоциировании ряда простых идей возникают сложные идеи, обладающие новыми качествами, отсутствовавшие у исходных посылок, по аналогии с тем, что при соединении простых химических элементов возникают вещества со свойствами, которых нет у исходных продуктов. Д.Шульц и С.Шульц в книге «История современной психологии» (2006) отмечают: «На развитие взглядов Джона Стюарта Милля значительное влияние оказало изучение химии. Именно из химии он позаимствовал модель психических процессов, альтернативную физической, механической модели, оказавшей столь сильное влияние на его отца и на все поколение эмпириков и ассоцианистов. Ведущей моделью в химии является модель синтеза. В процессе синтеза всегда возникает некое новое качество, не сводимое к качествам исходных частей или элементов. Составленное в соответствующих пропорциях соединение водорода и кислорода – это вода, новое качество, отсутствовавшее у исходных компонентов. Аналогичные процессы происходят и при ассоциировании ряда простых идей в сложную. Милль назвал подобные процессы синтеза через ассоциацию идей ментальной химией» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.64). Об этой же аналогии пишут М.Г.Ярошевский, Е.Е.Соколова и Т.Д.Марцинковская. Е.Е.Соколова в книге «13 диалогов о психологии» (2005), выделяя характерные черты творчества Д.С.Милля, пишет: «Во-первых, это стремление рассматривать «законы духа» по аналогии не с механическими, а с химическими законами, которые утверждают, что продуктами синтеза являются некие качественно новые целостности, отличные по своим свойствам от свойств элементов, которые входят в их состав. В классическом ассоцианизме этого никак не могло быть» (Соколова, 2005, с.178). Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) дает такое же описание генезиса идеи Д.С.Милля: «...Благодаря соединению первичных психических элементов в новый продукт последний способен приобрести качества, которые отсутствовали у его исходных элементов, подобно тому, как синтез кислорода и водорода порождает обладающую совершенно новыми качествами воду. Милль считал, что такие же «химические» преобразования происходят и в области психики...» (Марцинковская, 2007, с.171).

**5) Аналогия Вильгельма Вундта.** В.Вундт (1879) пришел к идее о необходимости разбить сознание на простейшие психические элементы и изучить эти элементы, по аналогии с тем, как естественная наука разбивает материю на атомы и изучает эти атомы. Ж.Годфруа в книге «Что такое психология» (1992) пишет: «Успехи физики и химии объясняются, прежде всего, применяемым в этих науках методом расчленения вещества на составляющие его простейшие

элементы. Именно приблизившись к этим простейшим элементам, ученые смогли подступиться к созданию теорий, объясняющих строение материи, и открыть путь для новых экспериментов. Вундт и его сотрудники попытались применить тот же подход в анализе осознаваемого внутреннего опыта, окрестив его «мыслительной материей» и стараясь выявить и описать его простейшие структуры. Таким образом, сознание было разбито на психические элементы, подобно тому, как материал делится на атомы. Приверженцы этой элементаристской доктрины были убеждены, что основным материалом сознания служат ощущения, образы и чувства» (Годфруа, 1992, с.62). Об этой же аналогии Вундта пишет С.Степанов в книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002): «Психологическая концепция Вундта была, по сути, структуралистской. Он пытался применить естественно-научный метод в анализе осознаваемого внутреннего опыта, окрестив его «мыслительной материей» и стараясь выявить и описать его простейшие структуры. Таким образом, сознание было разбито на психические элементы, подобно тому, как материя делится на атомы. В качестве таких элементов для Вундта выступали ощущения, образы и чувства» (Степанов, 2002, с.23).

**б) Аналогия Френсиса Гальтона.** Ф.Гальтон (1869) выдвинул идею о создании расы гениев путем искусственного отбора, то есть путем целенаправленного получения потомства от одаренных родителей и ограничения рождаемости людей, не обладающих наследственным талантом, на основе аналогии. В частности, Гальтон действовал по аналогии с эффективностью естественного отбора, описанного его дядей Ч.Дарвином (1859) и приводящего к улучшению биологических свойств животных и растений. В книге «Френсис Гальтон» (1972) И.И.Канаев воспроизводит рассуждения двоюродного брата Дарвина: «Раз мы не можем сомневаться в том, что передача таланта происходит как со стороны матери, так и отца, то насколько потомство было бы улучшено, если бы, предположим, выдающиеся женщины обычно выходили бы замуж за выдающихся мужчин, поколение за поколением...» (И.И.Канаев, 1972, с.24). Об этой же аналогии Гальтона пишут Д.Шульц и С.Шульц в книге «История современной психологии» (1998): «Он утверждал, что человеческий род, подобно домашним животным, может быть улучшен путем искусственной селекции. Если бы талантливые люди выбирались из общей массы и сочетались браком только друг с другом в течение многих поколений, то в результате возникла бы новая высокоодаренная человеческая раса» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.156).

**7) Аналогия Френсиса Гальтона.** Ф.Гальтон сформулировал гипотезу о том, что частота встречаемости (распределение) гениальности в человеческом обществе определяется законом отклонения от средних величин Кетле, по аналогии с тем, что распределение роста людей и других их физических характеристик также подчиняется этому закону Кетле. И.В.Равич-Щербо, Т.М.Марютина и Е.Л.Григоренко в книге «Психогенетика» (2006) пишут о Гальтоне: «Выделив три степени даровитости и одновременно используя экзаменационные оценки, полученные поступавшими в Королевскую военную коллегия, он применил к этому материалу уже существовавший тогда закон Кетле (1796-1874) – «закон отклонения от средних величин». По аналогии с распределением роста людей он предположил существование некоторого постоянного среднего уровня умственных способностей, отклонение от которого как в сторону гениальности, так и в сторону идиотизма должно следовать закону, управляющему отклонением от всякого рода средних величин» (Равич-Щербо, Марютина, Григоренко, 2006, с.24). Об этой же аналогии пишут Д.Шульц и С.Э.Шульц в книге «История современной психологии» (1998): «Бельгийский математик Адольф Кетле был первым, кто применил статистические методы и закон нормального распределения случайных величин к анализу биологических и социальных процессов. Ранее этот закон обычно использовался при определении ошибок измерений при наблюдениях и экспериментах в естественных науках. Кетле был первым, кто показал, что величина роста, измеренного у 10 тысяч человек, приблизительно подчиняется нормальному распределению. Он использовал выражение средний человек, чтобы отразить тот факт, что большинство результатов физических

измерений группируются вокруг их среднего значения или центра распределения, а количество остальных данных уменьшается по мере их отклонения от этой величины. Результаты, полученные Кетле, произвели на Гальтона сильное впечатление, и он высказал предположение о том, что этот подход может применяться и для анализа данных психологии. К примеру, он установил, что разброс оценок, полученных на университетских экзаменах, подчиняется закону нормального распределения» (Д.Шульц, С.Э.Шульц, 1998, с.157).

**8) Аналогия Гренвилла Холла.** Известный американский психолог Гренвилл Холл пришел к выводу, что индивидуальное психическое развитие ребенка включает сокращенное повторение основных этапов развития человеческого рода, когда по аналогии перенес в детскую и педагогическую психологию биогенетический закон рекапитуляции Геккеля (1869). В книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002) С.Степанов пишет: «В объяснении психического развития ребенка Холл опирался на биогенетический закон, на основе которого в детскую и педагогическую психологию вводился принцип рекапитуляции (сокращенного повторения в индивидуальном развитии основных этапов развития человеческого рода). Формирование детской психики трактовалось им как фатальный переход от низших стадий развития человеческого рода к высшим» (Степанов, 2002, с.98). Эта аналогия Холла рассматривается также в книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) М.Г.Ярошевским, который указывает: «Исследуя психическое развитие ребенка, Холл пришел к выводу, что в его основе лежит биогенетический закон, сформулированный учеником Дарвина Э.Геккелем. Однако Геккель говорил о том, что зародыши в своем эмбриональном развитии проходят те же стадии, что и весь этот род за время своего существования. Холл же распространил действие биогенетического закона на человека, доказывая, что онтогенетическое развитие психики ребенка есть краткое повторение всех стадий филогенетического развития психики человека. Созданная Холлом теория рекапитуляции утверждала, что последовательность и содержание этих этапов заданы генетически...» (Ярошевский, 1997, с.156).

**9) Аналогия Александра Бэна.** А.Бэн сформулировал предположение о важной роли метода проб и ошибок в процессах научения человека, при которых он осваивает новые формы поведения, руководствуясь аналогией с эволюционной теорией Дарвина, в которой предполагалось, что природа, пробуя и ошибаясь, отбирает наиболее продуктивные виды. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) пишет о Бэне: «В своих рассуждениях он впервые апеллировал к положениям эволюционной теории Дарвина, проводя аналогию между биологическими и психологическими понятиями. Бэн доказывал, что, как природа, пробуя и ошибаясь, отбирает наиболее продуктивные виды, так и человек совершает переход от неосознанного, спонтанного поведения к разумному и волевому не сразу, но постепенно. Человек отбирает путем проб и ошибок наиболее продуктивные и целесообразные формы реакции на определенные события и предметы окружающего мира, которые и закрепляются в виде навыка или волевого, разумного действия. Так появилась в психологии модель проб и ошибок, которая в дальнейшем была положена американской психологией в основу объективного исследования поведения. Сочетание спонтанности (источник поведения – внутри организма) с механицизмом (отбор полезного идет путем слепого поиска) – вот наиболее характерные черты этой модели, перешедшей впоследствии от Бэна к Торндайку» (Марцинковская, 2007, с.173).

**10) Аналогия Жана Мартена Шарко.** Одной из исходных посылок идеи Ж.М.Шарко об использовании гипноза при лечении истерии послужила обнаруженное им сходство (аналогия) между поведением истериков и людей, подвергнутых гипнотическому воздействию. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) отмечает: «Разрабатывая травматическую теорию истерии, Шарко отметил сходство между поведением истериков и людей, находящихся в состоянии гипноза. В противовес работам нансийской школы он

утверждал, что гипнозу подвержены, главным образом, лица, склонные к истерии. Исходя из этого, Шарко впервые начал широко использовать гипноз при лечении истерии» (Марцинковская, 2007, с.215).

**11) Аналогия Эдмунда Гуссерля.** Э.Гуссерль пришел к идее об интенциональности сознания по аналогии с исследованиями Ф.Брентано, который впервые использовал понятие интенциональных актов, то есть актов сознания, направленных на объект, в работе «Психология с эмпирической точки зрения» (1874). В свою очередь, Ф.Брентан заимствовал это понятие у Аристотеля и схоластов. Н.Смит в книге «Психология: современные системы» (2007) указывает: «Понятие интенциональности берет начало в трудах представителей средневековой схоластики, в особенности Фомы Аквинского, и происходит от латинского слова *intender*, означающего «тянуться вперед». В этом смысле сознание направлено на свой объект или стремится к своему объекту, который не обязательно является реально существующей вещью, но есть то, по поводу чего осуществляется психический акт. Франц Брентано (1838-1907), священник и доцент Венского университета, применил это понятие в своей психологии: психическое содержание является вещественным, но акт суждения, представления или оценивания его исходит от невещественной души. Интенциональность относится к психическому, а экстенциональность (обладание пространственной протяженностью) – к физическому. Эдмунд Гуссерль (1859-1938), профессор философии и математик по образованию, использовал понятие интенциональности при построении феноменологической философии» (Смит, 2007, с.444). А.Н.Ждан в книге «История психологии» (2001), раскрывая представления Ф.Брентано об интенциях, указывает: «Таким образом, предметом психологии являются психические феномены как акты – видения, слышания, суждения и т.п. Но акт не имеет смысла, если он не направлен на объект. Акт интенционально содержит в себе что-то как объект, на который он направлен. Поэтому основная характеристика психологических актов, по Брентано, заключается в том, что они обладают имманентной предметностью, т.е. всегда направлены на объект» (Ждан, 2001, с.224). «В философии, - отмечает А.Н.Ждан, - особенное развитие идеи Брентано получили у его ученика Э.Гуссерля (1859-1938), родоначальника феноменологии» (там же, с.225).

**12) Аналогия Вилларда Смолла и Эдмунда Сэнфорда.** В.Смолл и Э.Сэнфорд (1900) пришли к идее о создании лабиринта как важного инструмента для исследования научения животных по аналогии с туннелями, прорытыми большими дикими крысами к своим норам под крыльцом старого дома. Об этих туннелях Смолл узнал при общении с Линусом Клайном. Д.Гудвин в книге «Исследование в психологии» (2004) пишет: «Честь проведения первого эксперимента по изучению поведения крыс в лабиринте принадлежит Вилларду Смолу из университета Кларк, проводившему свои исследования в конце 19 века (Смолл, 1900). Как Смоллу пришла идея поместить крыс в лабиринт? Вместе со своим коллегой по лаборатории, Линусом Клайном, он изучал в основном поведение крыс, в частности их «способность к отысканию дома». В разговоре с Эдмундом Сэнфордом, директором лаборатории Кларка, Клайн описал увиденные им туннели, «прорытые большими дикими крысами к своим норам под крыльцом старого дома... Туннели находились на глубине от семи до пятнадцати сантиметров под землей и, открытые во время раскопок, представляли собой настоящий лабиринт». Вероятно, слово «лабиринт» замкнуло цепочку для Сэнфорда, и он предложил Клайну самому построить лабиринт, используя в качестве модели Хэмптон Корт – самый популярный в Англии лабиринт размером в человеческий рост. К моменту разговора Сэнфорд только что вернулся из творческого отпуска, во время которого он ездил в Англию, где мог посетить Хэмптон Корт. Имея другие незавершенные проекты, Клайн передал идею Смолу, который построил из проволоки сетки лабиринт размером 180 на 240 см...» (Гудвин, 2004, с.117). Таким образом, исходной посылкой аналогии Смолла и Сэнфорда было случайное наблюдение Линуса Клайна, который обнаружил под крыльцом старого дома туннели, прорытые большими дикими крысами к своим норам. В данном случае

перед нами аналогия с фактором случая, то есть перенос, опирающийся на случайное наблюдение.

**13) Аналогия Вильяма Джемса.** В.Джемс пришел к идее о потоке сознания по аналогии с представлением древнегреческого философа Гераклита о том, что все течет и изменяется и что в одну и ту же реку нельзя войти дважды. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) подчеркивает: «Большое значение имеет и тот факт, что Гераклит внес в психологию идею постоянного развития и изменения. Его знаменитое изречение «все течет» стало впоследствии одним из самых важных положений не только для философской диалектики, но и для теорий сознания, например для теории потока сознания Джемса» (Марцинковская, 2007, с.37).

**14) Аналогия Зигмунда Фрейда.** З.Фрейд разработал терминологический аппарат своей психологической теории влечений по аналогии с совокупностью понятий гидродинамики. Психолог В.Н.Дружинин пишет о методе аналогий: «В истории развития психологии мы встречаем этот способ применения метода структурно-функциональной аналогии. Совершенно очевидно, что З.Фрейд – он сам этого не скрывал, хотя впоследствии этот постулат оказался забытым, - всю свою теорию влечений выводил из гидродинамических представлений. По сути дела, он использовал гидродинамическую модель, и это не случайно, поскольку Фрейд был медиком» (сборник «Психология способностей: современное состояние и перспективы исследований», 2005). Разрабатывая свою концепцию психоанализа и теорию бессознательного, З.Фрейд опирался также на аналогию с исследованиями Ньютона. Как пишет психолог С.Гроф, «...Фрейд находился под глубоким влиянием своего учителя Эрнста Брюкке, основателя научного направления, известного под названием «медицинской школы Гельмгольца». Со слов С.Грофа, «конечной целью и идеалом этого направления было внедрение принципов ньютоновского научного мышления в другие области науки. Именно в духе учений школы Гельмгольца Фрейд дал свое описание физиологических процессов в соответствии с законами Ньютона. Четыре основополагающих принципа психоаналитического подхода – динамический, экономический, топографический и генетический – это точные аналоги основных концепций физики по Ньютону» (С.Гроф, «За пределами мозга», 2004). Реконструкция В.Н.Дружинина и С.Грофа подтверждается точкой зрения Д.Шульц и С.Э.Шульц, которые в книге «История современной психологии» (1998) отмечают: «...В позднейших работах Фрейда можно отчетливо видеть идеи и термины, усвоенные им из физики, в особенности, из механики, электродинамики и гидравлики. Эти его теоретические исследования – еще один пример неполноты исторической летописи. Данная работа на протяжении более чем пятидесяти лет считалась утраченной. До того, как она была обнаружена вновь, никто и не думал, что Фрейд мог придерживаться подобных взглядов» (Д.Шульц, С.Э.Шульц, 1998, с.424).

**15) Аналогия Зигмунда Фрейда.** З.Фрейд (1895) высказал идею о том, что причиной истерии и других подобных заболеваний психогенного характера является вытеснение травмирующих психику переживаний в подсознание, по аналогии с идеями философа Шопенгауэра, который в своем трактате «Мир как воля и представление» (1819) достаточно подробно описывал возникновение болезни при вытеснении тяжелых переживаний из сферы сознания. М.Г.Ярошевский в книге «Психология науки» (1998) отмечает: «Давно уже тривиальным стал вывод о влиянии на Фрейда Шопенгауэра. Фрейд же утверждал: «...Доктрина о вытеснении пришла ко мне независимо от какого бы то ни было источника. Мне неизвестно ни одно внешнее впечатление, которое могло бы мне ее внушить, и в течение длительного времени мне представлялось, что она является целиком моей, пока Отто Ранк не показал мне места в книге Шопенгауэра «Мир как воля и представление», где этот философ пытается объяснить болезнь» (Ярошевский, 1998, с.220). «Можно не сомневаться, - аргументирует М.Г.Ярошевский, - в искренности Фрейда. Но, учитывая, что задолго до того, как писались

приведенные строки, он усердно занимался философией, притом именно в годы, когда учение Шопенгауэра приобрело широкую популярность, можно предположить, что Фрейд с этим учением все-таки был знаком до того, как выдвинул свою гипотезу о вытеснении, и что факт знакомства оказался вытесненным в область подсознательного в силу амбиций создателя психоанализа» (там же, с.220).

**16) Аналогия Зигмунда Фрейда.** З.Фрейд (1895) выдвинул гипотезу о возможности лечения истерии и других психогенных заболеваний на основе метода катарсиса (очищения), который заключается в воспоминании и осознании индивидом переживаний, которые ранее травмировали его психику, руководствуясь аналогией. Фрейд по аналогии перенес в психотерапевтическую практику метод катарсиса как средства духовного очищения, о котором писал еще Аристотель и который рассматривался в одной из книг Я.Бернайса, дяди Марты Бернайс, невесты Фрейда. С.Степанов в книге «Популярная психологическая энциклопедия» (2005) отмечает: «Особо оживленные дискуссии проблема духовного очищения вызвала в 19 веке, что безусловно предвосхитило соответствующие положения теории З.Фрейда. Историки психоанализа, характеризуя духовную атмосферу конца 19 века, пишут о «подлинном помешательстве, связанном со всеобщим интересом к проблеме катарсиса. Эта тема стала, пожалуй, самым популярным предметом обсуждения как среди ученых, так и в изысканных и утонченных венских салонах». К 1890 г. только на немецком языке вышло более 140 различных публикаций по проблеме катарсиса. Одна из них принадлежала Якобу Бернайсу, который приходился дядей Марте Бернайс, невесте доктора Фрейда. В ней автор, анализируя взгляды Аристотеля, утверждал, что при восприятии трагического представления у зрителя пробуждаются и усиливаются связанные с аффектами сострадания и страха переживания, в результате чего трагедия оказывает на него сильное воздействие, способствующее устранению соответствующих аффектов, приносящее удовольствие и облегчение. Есть достаточно оснований полагать, что Фрейд имел возможность ознакомиться с этой работой и испытал известное влияние содержащихся в ней идей» (Степанов, 2005, с.295). Эта точка зрения на генезис идеи катарсиса подтверждается психологами Д.Шульц и С.Шульц. В книге «История современной психологии» (1998) они пишут: «В 1880 г., за год до того, как Фрейд получил докторскую степень по медицине, дядя его будущей жены написал книгу о понятии катарсиса у Аристотеля. За этим последовало «подлинное помешательство, связанное со всеобщим интересом к проблеме катарсиса. Эта тема, стала, пожалуй, самым популярным предметом обсуждения как среди ученых, так и в изысканных и утонченных венских салонах». К 1890 году только на немецком языке вышло более 140 различных публикаций по проблеме катарсиса» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.392). До Фрейда перенос метода катарсиса из философии в психологию осуществлял Брейер. М.Г.Ярошевский в книге «Психология в 20 столетии» (1974) пишет: «Брейер требовал от больных рассказывать в состоянии гипноза о своих тревогах и неприятных переживаниях. Иногда этот рассказ сам по себе оказывался достаточным для того, чтобы исчезали патологические симптомы. Брейер называл феномен освобождения от этих симптомов, от аффектов путем воспоминания о вызвавших их обстоятельствах древнегреческим термином «катарсис», примененным в свое время Аристотелем для обозначения «очищения души» от страстей при восприятии трагедии» (Ярошевский, 1974, с.222).

**17) Аналогия Зигмунда Фрейда.** Гипотеза З.Фрейда (1929) о существовании инстинкта смерти возникла у него по аналогии с исследованиями Сабины Шпильрейн (1911), которая говорила о влечении к разрушению (деструкции). С.Шпильрейн писала, что инстинкт самовоспроизведения содержит в себе два разных компонента – инстинкт жизни и инстинкт смерти. С.Степанов в книге «Век психологии. Имена и судьбы» (2002) говорит о Фрейде: «Время пришло, и Фрейд в своей знаменитой работе «По ту сторону принципа удовольствия», написанной им, как часто считают, под влиянием опыта мировой войны и ряда личных потерь, повторил основные выводы Шпильрейн. Он отдал ей должное в

характерной для него манере: «В одной богатой содержанием и мыслями работе, к сожалению, не совсем понятной для меня, Сабина Шпильрейн предвосхитила значительную часть этих рассуждений». Юнг считал, однако, что такой ссылки недостаточно: идея инстинкта смерти, писал он, принадлежит его ученице, а Фрейд попросту ее присвоил» (Степанов, 2002, с.195). Описывая предпосылки гипотезы Фрейда об инстинкте смерти, Е.Е.Соколова в книге «13 диалогов о психологии» (2005) констатирует: «Кстати, далеко не один Фрейд отмечал наличие консервативных тенденций в человеческой жизни. Интересно, что на эту мысль навели его изыскания некоторых русских психоаналитиков, в частности сестры уже известного тебе Исаака Шпильрейна Сабины Шпильрейн, которая, в свою очередь, ссылалась на исследования Ильи Ильича Мечникова» (Соколова, 2005, с.322).

**18) Аналогия Карла Юнга.** К.Юнг (1875-1961) открыл метод рассмотрения человеческой психики как состоящей из ряда «подсознательных личностей» по аналогии с методом рассмотрения психики как «единовременных психических существований», предложенным Пьером Жанэ. «Влияние «Психического автоматизма» Жанэ, - пишет С.Степанов, - ощутимо в методе рассмотрения Юнгом человеческой психики как состоящей из ряда «подсознательных личностей» (у Жанэ – «единовременные психические существования»). То, что Юнг назвал «комплексом», первоначально было не чем иным, как эквивалентом «подсознательной фиксированной идеи» Жанэ» (С.Степанов, «Век психологии: имена и судьбы», 2002).

**19) Аналогия Карла Юнга.** К.Юнг (1906) сформулировал предположение о существовании коллективного бессознательного опыта (коллективного психического содержания, уходящего своими корнями в глубокую древность), когда обнаружил аналогию между мифологическими мотивами древности, образами сновидений у нормальных людей и фантазиями душевнобольных. Как пишет С.Степанов в книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002), «эмпирической базой введения идеи «коллективного бессознательного» была установленная Юнгом в его психиатрической практике схожесть между мифологическими мотивами древности, образами сновидений у нормальных людей и фантазиями душевнобольных. Эти образы – носители коллективного бессознательного – Юнг назвал архетипами» (Степанов, 2002, с.164). Со слов Д.Шульц и С.Шульц, «Юнг исследовал мифологию и художественное творчество ряда древнейших цивилизаций, выявляя лежащие в их основе архетипические символы. Оказалось, что существует значительное количество таких символов, которые присущи всем архаическим культурам, причем даже таким, которые были столь разделены во времени и пространстве, что прямой контакт между ними был заведомо невозможен. Ему также удалось обнаружить в сновидениях пациентов нечто, что он посчитал следами подобных символов. Это еще более укрепило Юнга в его приверженности идее коллективного бессознательного» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.441). Юнг мыслил наследственно заданные архетипы человечества как некое подобие инстинктов животных. Эти архетипы напоминают также врожденные идеи Декарта, Лейбница и Канта. У последнего врожденные идеи назывались априорными (доопытными) структурами опыта.

**20) Аналогия Альфреда Адлера.** А.Адлер (1907) высказал идею о том, что основным фактором развития личности является стремление к превосходству, которое постоянно конфликтует с комплексом неполноценности, по аналогии с идеей философа А.Ницше (1901) о том, что источником общественного прогресса является воля к власти. С точки зрения Ницше, стремление к проявлению власти есть творческий инстинкт, естественное состояние человека, смысл и содержание истории. Помехой этому естественному стремлению, по его мнению, является мораль, которую он называет «оружием слабых». Все «задачи», «цели», «смысл», считал А.Ницше, есть только формы выражения и метаморфозы одной и той же воли, которая присуща всякому процессу – воли к власти (Ницше, 1995). В 4-ом томе книги «Западная философия от истоков до наших дней» (1997) Д.Реале и Д.Антисери указывают:

«Идея воли к власти как пружины поведения человека роднит Адлера с Ницше и Шопенгауэром» (Реале, Антисери, 1997, с.622).

**21) Аналогия Альфреда Адлера.** Предположение Адлера (1907) о том, что мотивы человеческих поступков определяются в большей степени надеждами на будущее, а не опытом прошлого, возникло по аналогии с философскими исследованиями Ганса Файхингера. М.Г.Ярошевский в книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) пишет: «Идея фиктивного финализма была заимствована Адлером у немецкого философа Ганса Файгингера, который писал, что все люди ориентируются в жизни посредством конструкций или фикций, которые организуют и систематизируют реальность, детерминируя наше поведение. У Файгингера Адлер также почерпнул идею о том, что мотивы человеческих поступков определяются в большей степени надеждами на будущее, а не опытом прошлого. Эта конечная цель может быть фикцией, идеалом, который нельзя реализовать, но тем не менее оказывается вполне реальным стимулом, определяющим устремления человека» (Ярошевский, 1997, с.278).

**22) Аналогия Эдварда Торндайка.** Эдвард Торндайк (1911) пришел к идее о необходимости использования так называемых «проблемных ящиков» для экспериментального исследования способности животных решать различные задачи по аналогии с наблюдением К.Ллойд-Моргана, который неоднократно видел, как его собака манипулирует с задвижкой калитки, чтобы «улизнуть» из дома. Ллойд-Морган сам рассказал Торндайку об этом наблюдении и посоветовал ему поставить соответствующий эксперимент. Именно эта аналогия привела Торндайка к постановке опыта, в котором посаженная в ящик кошка искала выход, пытаясь открыть дверцу разными способами. В этих экспериментах Торндайк обнаружил, что кошки, столкнувшись с задачей самостоятельно открыть дверцу деревянных ящиков и выбраться на свободу, находили способ решения этой задачи в результате большого количества хаотических движений. Это индуктивно подтолкнуло его к выводу о том, что животные решают встающие перед ними проблемы методом проб и ошибок. З.А.Зорина и И.И.Полетаева в книге «Элементарное мышление животных» (2007) указывают: «В опытах с «проблемными ящиками» Торндайк наблюдал, как посаженная в ящик кошка ищет выход, пытаясь открыть дверцу разными способами. Для этого нужно было нажать на задвижку или потянуть за пружину. Кошка сначала совершает много разных действий (проб), которые в своем большинстве бывают неверными (ошибки), пока случайно не откроет ящик. При повторении опытов она выходит из ящика все быстрее и быстрее. Идея эксперимента была подсказана Торндайку К.Ллойд-Морганом, наблюдавшим, как его собака манипулирует с задвижкой калитки, чтобы «улизнуть» из дома» (З.А.Зорина, И.И.Полетаева, 2007).

**23) Аналогия Джона Уотсона.** Основатель бихевиоризма Д.Уотсон (1913) сформулировал идею о том, что главной единицей анализа поведения животных и человека является условный рефлекс, по аналогии с исследованиями Бехтерева, который связывал изучение условных рефлексов с построением объективной психологии. В книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) М.Г.Ярошевский констатирует: «Прочитав (в немецком и французском переводе) книгу Бехтерева «Объективная психология», Уотсон окончательно утвердился во мнении, что условный рефлекс (Бехтерев называл его сочетательным) должен стать главной единицей анализа поведения. Знакомство с учением Павлова вселило в Уотсона уверенность, что именно условный рефлекс является ключом к выработке навыков, построению сложных движений из простых, а также к любым формам научения, в том числе носящим аффективный характер» (Ярошевский, 1997, с.216). Такую же реконструкцию обстоятельств возникновения указанной идеи Уотсона дают Д.Шульц и С.Шульц в книге «История современной психологии» (1998), которые пишут о Бехтерева: «...Он полагал, что поведение высшего уровня можно объяснить, рассматривая его как сочетание или накопление моторных рефлексов нижнего уровня. Процессам мышления, по

мнению Бехтерева, присущ аналогичный характер – в том смысле, что они зависят от внутренних действий речевой мускулатуры; эта идея позднее была подхвачена Уотсоном. Бехтерев боролся за применение абсолютно объективного подхода; он искоренял использование психической терминологии или концепции. Бехтерев представил свои идеи в книге «Объективная психология», опубликованной в 1907 году. Книга была переведена на немецкий и французский языки в 1913 году, именно в это время ее и прочитал Уотсон» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.268). Аналогия Уотсона весьма близка к категории аналогий-ассимиляций (аналогий как прямого заимствования с последующим развитием исходной идеи).

**24) Аналогия Альфреда Лотки.** А.Лотка (1926) вывел математическую формулу, описывающую распределение ученых по научной продуктивности (по количеству опубликованных статей), по аналогии со своими же дифференциальными уравнениями, которые он использовал для моделирования процессов развития биологических популяций. Сам процесс распространения новых идей в научной среде А.Лотка представлял по аналогии с процессом распространения эпидемии среди популяции живых организмов. К.Майнцер в статье «Сложность и самоорганизация. Возникновение новой науки и культуры на рубеже веков» (сборник «Синергетика и методы науки», 1998) отмечает: «Как хорошо известно, Альфред Лотка (и Вито Вольтерра) предложил модель процессов взаимосвязанного развития биологических популяций на основе дифференциальных уравнений. В статье 1926 г. («Распределение научной продуктивности по частоте») Лотка применил свою эпидемическую модель к распространению научных идей. Первоначальный фокус «инфекционных идей» заражает все больше и больше людей, и динамика этого процесса обнаруживает самые настоящие волны распространения инфекции. Таким образом, с точки зрения эпидемиологии накопление и концентрация в области науки моделируются так называемым распределением Лотки-Брэдфорда и начинаются с публикации небольшого числа статей отдельных авторов, которые становятся ядром кластера последующих публикаций. Эпидемическая модель применима и к распространению технических инноваций. Во всех этих примерах мы получаем хорошо известную S-образную кривую с медленной начальной стадией, которая сменяется экспоненциальным ростом и завершается медленным ростом на стадии насыщения» (К.Майнцер, 1998).

**25) Аналогия Льва Выготского.** Выдающийся русский психолог Л.С.Выготский (1928) построил культурно-историческую теорию, согласно которой человек овладевает собственным поведением с помощью такого психологического орудия, как знак, по аналогии с теорией Маркса-Энгельса (1870), в которой утверждалось, что человек овладевает природой с помощью различных технических орудий, на основе орудийной деятельности. Как известно, классики марксизма выделили в процессе общественного развития человека его орудийный характер, опосредованность деятельности орудиями. У Выготского возникла гипотеза: нельзя ли найти в психических процессах человека элемент опосредованности своеобразными психологическими орудиями? Выготский рассуждал: подобно тому, как человек овладевает природой с помощью орудий, он овладевает собственным поведением также с помощью орудий, но только орудий особого рода – психологических. Что такое психологические орудия? Выготский догадался, что это знаки. В рассуждениях Выготского присутствовала и индукция, поскольку к мысли об опосредованности психических процессов знаками он пришел, индуктивно обобщив факт опосредованности знаками процессов памяти. Этот факт Выготский почерпнул из интересной концепции памяти, разработанной Ф.Бэконом. Искусство запоминания Бэкон разделил на два учения: учение о вспомогательных средствах памяти и учение о самой памяти. По мнению Бэкона, основным вспомогательным средством памяти является письменность. Без такой помощи память не может справиться с материалом достаточно обширным и сложным. Выготский неоднократно цитировал Бэкона: «Ни голая рука, ни предоставленный сам себе разум не имеют большой силы. Дело совершается

орудиями и вспомогательными средствами» (С.Степанов, «Популярная психологическая энциклопедия», 2005). Роль аналогии в возникновении идеи Выготского о развитии сознания на основе знака отмечает также Е.Е.Соколова в книге «13 диалогов о психологии» (2005): «Для культурно-исторической концепции Выготского, в свою очередь, характерна аналогия между орудиями и знаками в поведении ребенка. Под знаками понимаются, прежде всего, слова человеческой речи, которая есть средство организации собственного поведения, подобно тому, как орудие есть средство воздействия на внешний мир и средство его организации» (Соколова, 2005, с.420). Говоря о мысли Бэкона о голой руке и представленном себе разуме, от которой отталкивался Выготский, Соколова констатирует: «Соответствующую цитату из Бэкона можно встретить во многих работах Выготского, в частности в его статье «Проблема культурного развития ребенка», где он впервые в более или менее развернутом виде дал очерк своей «культурно-исторической концепции» (там же, с.421). Со слов Е.Е.Соколовой, «те высказывания Выготского, которые мы сегодня цитировали, тоже говорят о значимости категории деятельности в его творчестве. Во-первых, это мысль об аналогии опосредованной орудиями трудовой деятельности человека и опосредованной знаками психической деятельности» (там же, с.442). Об этой же аналогии пишет В.Розин в книге «Мышление и творчество» (2006): «Так, Выготский, с одной стороны, проводит аналогию между отношением человека – инженера к природе (такой человек овладевает природными процессами с помощью орудий и машин) и отношением развивающегося ребенка к своей собственной психике и поведению (которыми ребенок овладевает, научается управлять с помощью орудий - знаков)» (Розин, 2006, с.279).

**26) Аналогия Курта Левина.** К.Левин (1936) разработал психологическую теорию жизненного пространства (теорию психологического поля) по аналогии с теорией геометрического пространства и теорией электромагнитного поля из области физики. У историков науки имеется достаточно свидетельств того, что К.Левин в своих психологических исследованиях опирался на аналогию с результатами из области математики и физики. С.Степанов в книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002) пишет о Левине: «Высшие оценки он получал по физике и математике, а также по рисованию и черчению. Невольно напрашивается параллель между его гимназическими успехами по этим предметам и склонностью уже в зрелом возрасте, в статусе ученого, изображать теоретические положения в графической форме, а также использовать физико-математическую терминологию для описания и объяснения психологических явлений» (Степанов, 2002). Об этой же аналогии Левина пишет Г.Хант в книге «О природе сознания» (2004): «Самую амбициозную попытку изобразить формальные свойства опыта предпринял Курт Левин, получивший широкое признание как один из гениев психологии. Левин (1936) использовал математическую топологию своего времени – качественную математику областей и их свойств – как психологический язык для представления структуры опыта в специфическом «жизненном пространстве» (Хант, 2004, с.416). Важную роль аналогии в творчестве К.Левина подчеркивают и другие авторы. М.Малашкина в книге «Популярная история психологии» (2002) отмечает: «...Левина читать трудно – он применил в психологии физическую теорию поля и некоторые разделы математики: топологию, векторный анализ. Поэтому его книги и статьи напичканы формулами, графиками и терминами из физики и математики» (Малашкина, 2002, с.147). Наконец, Д.Шульц и С.Шульц в книге «История современной психологии» (1998) подчеркивают: «Левин искал математическую модель для описания своего теоретического представления психологических процессов. Так как он интересовался проблемами индивидуума, а не групп населения, то для его задачи не подходили методы статистики. Поэтому для отображения годологического пространства, целей личности и путей их достижения он обратился к разделу геометрии, называемому топологией. На своих топологических картах Левин изображал векторы, указывающие направление движения человека к цели» (Д.Шульц, С.Шульц, 1998, с.377).

**27) Аналогия Карла Бюлера.** К.Бюлер сформулировал эвристическую теорию речи, согласно которой процесс формирования речи ребенка – это цепь инсайтов (открытий), по аналогии с исследованиями гештальтпсихологов, в частности А.Келера, который показал инсайтную природу решения задач у обезьян. Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) говорит о К.Бюлере: «Исходя из концепций Вюрцбургской школы и гештальтпсихологии, он считал приоритетным для своих исследований изучение интеллектуального развития ребенка. При этом он стремился изучить именно творческое мышление, момент инсайта, и впоследствии пришел к мысли о том, что интеллектуальный процесс – это всегда в большей или меньшей степени процесс творчества. Развивая идею о роли творчества в психическом развитии, Бюлер выдвинул эвристическую теорию речи. Он считал, что речь не дается ребенку в готовом виде, а придумывается, изобретается им в процессе общения со взрослыми. Таким образом, в отличие от Штерна, Бюлер настаивал на том, что процесс формирования речи – это цепь открытий» (Марцинковская, 2007, с.250).

**28) Аналогия Жана Пиаже.** Ж.Пиаже (1921) сформулировал идею о существовании эгоцентрической речи, а чуть позже (1923) развил представление о том, что эгоцентрическая речь противостоит социализированной речи, которая постепенно вытесняет первую, опираясь на аналогию с результатами, полученными психологом С.Шпильрейн. С.Степанов в книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002) констатирует: «...Именно влияние Шпильрейн помогло Пиаже осознать реальный круг своих профессиональных интересов. Сразу же он начинает серию опытов, которые открывают эпоху в экспериментальных исследованиях психологии развития. В 1923 г. выходит его знаменитая книга «Речь и мышление ребенка». В этой работе эгоцентрическая речь противопоставляется социализированной речи, которая постепенно вытесняет первую. За год до своей встречи с Пиаже, в 1920 г. Сабина Шпильрейн делала доклад на 6 Международном психоаналитическом конгрессе в Гааге. Доклад в сокращенном виде был опубликован в официальном органе Международной ассоциации. Он называется «К вопросу о происхождении и развитии речи». Шпильрейн рассказала коллегам, что есть два вида речи – аутистическая речь, не предназначенная для коммуникации, и социальная речь. Аутистическая речь первична, социальная речь развивается на ее основе. В статье 1923 г. «Некоторые аналогии между мышлением ребенка, афазическим и бессознательным мышлением» Шпильрейн продолжает свои рассуждения, выстраивая ту систему аналогий (аутистическая речь ребенка – мышление при афазии – фрейдовское бессознательное), которая будет иметь ключевое значение для последующей психологии столетия (Степанов, 2002, с.199). Таким образом, идея эгоцентрической речи возникла у Пиаже по аналогии с предположением С.Шпильрейн о наличии аутистической речи. Не лишено смысла отметить, что гипотеза Пиаже о синкретизме как основном свойстве детского мышления возникла по аналогии с работами Клапареда. В книге «История психологии» (1997) Ярошевский отмечает: «Исследуя формирование интеллектуальной сферы детей, Клапаред открыл одно из основных свойств детского мышления – синкретизм, то есть нерасчлененность, слитность детских представлений о мире. Он утверждал, что психическое развитие продвигается от схватывания внешнего вида к называнию предмета (словесная стадия), а затем к пониманию его назначения, что уже является следствием развития логического мышления» (Ярошевский, 1997, с.160).

**29) Аналогия Жана Пиаже.** Ж.Пиаже (1952, 1954) вскрыл многие закономерности функционирования и развития мышления ребенка по аналогии с теорией культурогенеза, построенной такими психологами, как К.Юнг, Л.Леви-Брюль, К.Леви-Стросс, М.Коул, С.Скрибнер, А.Р.Лурия. Как пишет Е.Б.Старовойтенко, «необходимым методом обнаружения закономерностей индивидуального мышления, его онтогенеза... служит применение теорий культурогенеза мыслительной деятельности, разработанных К.Г.Юнгом, Л.Леви-Брюлем, К.Леви-Строссом, М.Коулом, С.Скрибнером, А.Р.Лурией и др.» (Е.Б.Старовойтенко, «Современная психология», 2001). Таким образом, аналогия между онтогенезом и

филогенезом интеллектуального развития, то есть существенное сходство мысли ребенка и наивной мысли человека древности и позволила Пиаже разработать теорию умственного развития детей. Сама мысль о существовании последовательных стадий интеллектуального развития ребенка возникла у Пиаже по аналогии с наличием стадий эмбрионального развития организма. Жан-Клод Брантье в очерке «Беседы с Жаном Пиаже» («Психологический журнал», 2000, том 21, № 2) цитирует французского психолога: «Эмбриогенетические стадии последовательны в том смысле, что каждая из них необходима для возникновения следующей и предполагает предшествующую. Другими словами, никакая стадия не может «миновать» этот порядок. Я считаю – то же самое происходит со стадиями развития когнитивных функций интеллекта» (Ж.Брантье, 2000).

**30) Аналогия Жана Пиаже.** Гипотеза Ж.Пиаже (1952) о том, что сложное интеллектуальное развитие маленьких детей является результатом осуществления уравнивающих циклов ассимиляции и аккомодации (усвоения и приспособления) возникла у него по аналогии с основными процессами жизнедеятельности простейших живых организмов (амеб). Психолог Г.Хант в книге «О природе сознания» (2005) указывает: «Ассимиляцию и аккомодацию нельзя подразделить на более простые составляющие, и действительно, Пиаже иллюстрирует их в своих наиболее фундаментальных определениях на примере того, как амебы физически усваивают все, что они могут заключать в себя, и приспособляются ко всем более неподатливым поверхностям» (Г.Хант, 2005). Жан Пиаже в статье «Психогенез знаний и его эпистемологическое значение» (сборник «Семиотика», 1983) пишет: «Основная связь, лежащая в основе всякого знания, состоит не в простой «ассоциации» между объектами (поскольку это понятие отрицает активность субъекта), а в «ассимиляции» объектов по определенным схемам, которые присущи субъекту. Этот процесс является продолжением различных форм биологической ассимиляции, среди которых когнитивная ассимиляция представляет собой лишь частный случай и выступает как процесс функциональной интеграции» (Ж.Пиаже, 1983). В очерке Жана-Клода Брантье «Беседы с Жаном Пиаже» («Психологический журнал», 2000, том 21, № 2) выдающийся психолог, отвечая на вопрос Брантье, имеется ли какая-либо разница между подсолнечниками и нами, отвечает: «Нет. Это центральное положение моей книги «Биология и знание», в которой я пытаюсь показать изоморфизм. Аналогии? Да – между органическими регуляциями и познавательными процессами, процессами знания. Есть структура организма и структура интеллекта, я пытаюсь показать, что последняя происходит от первой, и что логика, например, происходит от общей координации действий, и что общая координация действий основана на координации нервной системы, непосредственно поддержанной органическими координациями» (Ж.Брантье, 2000).

**31) Аналогия Жана Пиаже.** Ж.Пиаже пришел к гипотезе, согласно которой умственное развитие человека осуществляется путем уравнивания организма с окружающей его средой, по аналогии с теорией гомеостаза физиолога У.Кеннона (1926). В этой теории утверждается, что постоянство внутренней среды организма достигается за счет гибкого приспособления к меняющимся условиям внешней среды, ввиду чего организм можно рассматривать как саморегулирующуюся систему. Об этом пишет С.Степанов в книге «Век психологии: имена и судьбы» (2002). Со слов историка медицины М.С.Шойфета, анализирующего творчество У.Кеннона в книге «100 великих врачей» (2006), «на основе глубокого анализа... он в 1926 году в статье, посвященной некоторым общим представлениям об эндокринных влияниях на метаболизм, впервые предложил новый термин «гомеостаз» для обозначения стабильности состояния организма. Он рассматривал гомеостаз как производное естественного отбора» (Шойфет, 2006, с.227). С другой стороны, У.Кеннон развил свою концепцию гомеостаза по аналогии с идеей французского физиолога Клода Бернара о постоянстве внутренней среды организма. Ф.Капра в книге «Паутина жизни» (2003) отмечает: «...Психолог Уолтер Кеннон, взяв за основу принцип постоянства внутренней среды

организма, выдвинутой Клодом Бернаром, развил его в концепцию гомеостаза – саморегулирующего механизма, который позволяет организмам поддерживать себя в состоянии динамического баланса, в то время как их переменные колеблются в допустимых пределах» (Ф.Капра, 2003).



«С именем Леви-Стросса связывают зарождение французского структурализма, наиболее влиятельного философского течения второй половины минувшего столетия. К структурализму Клод Леви-Стросс пришел через антропологические исследования, которые он проводил в Южной Америке. Его называют, однако, «самым знаменитым и самым трудным из антропологов».

Алиса Логрус

**32) Аналогия Клода Леви-Стросса.** Выдающийся психолог и антрополог Клод Леви-Стросс (1949) разработал теорию элементарных структур родства, определявших жизнь первобытных людей, по аналогии с лингвистической теорией Фердинанда де Соссюра (1916), в которой тот изучил жизнь знаков языка внутри жизни общества. Соссюр рассматривал язык как структуру, как автономную целостность внутренних зависимостей, как функциональную сеть. Он считал, что нужно говорить о функциональных отношениях, о сплетении связей в языке и в любом элементе текста. Благодаря Соссюру фонология как система фонем, то есть звуковых сигналов, используемых в языке и образующих фиксированное количество (от 20 до 40), стала объектом изучения. Леви-Стросс по аналогии перенес структурно-функциональный подход де Соссюра из лингвистики в антропологию. Т.А.Алексеева в книге «Современные политические теории» (2000) пишет: «Леви-Стросс сравнил лингвистическую структуру со структурой кровного родства. В результате он пришел к следующим выводам: во-первых, термины описания кровного родства аналогичны фонемам языка; во-вторых, ни термины родства, ни фонемы не имеют смысла сами по себе. Они обретают этот смысл только будучи помещенными в более широкую систему. Леви-Стросс использовал целый ряд бинарных оппозиций в своих антропологических исследованиях (например, сырое/вареное) подобно тому, как де Соссюр применил их в лингвистике; в третьих, он признал, что существуют эмпирические вариации в зависимости от места как в системах фонем, так и в описании кровного родства, но даже эти вариации могут быть прослежены вплоть до общих, имплицитно присутствующих знаков» (Алексеева, 2000, с.270). Г.К.Косиков в статье «Структура» и/или «текст» (стратегии современной семиотики)», содержащейся в сборнике «Французская семиотика: от структурализма к постструктурализму» (2000) повествует: «...Роль Кл. Леви-Стросса как «отца французского структурализма» заключалась не только в том, что он первым применил аналитический аппарат языкознания (фонологическую модель) к нелингвистическому материалу («Элементарные структуры родства», 1949), но и, главное, в том, что он сформулировал фундаментальное теоретическое допущение, согласно которому «культура обладает строением, подобным строению языка». Эта установка открывала путь для переноса лингвистических, а затем и структурно-семиотических методов в любые гуманитарные науки...» (Г.К.Косиков, 2000). «Когда Леви-Стросс, - добавляет Г.К.Косиков, - перенес фонологическую модель на антропологический материал, применив ее к анализу «элементарных структур родства», он получил новаторские результаты» (Г.К.Косиков, 2000). А.Н.Ждан в книге «История психологии от античности к современности» (2001) дает понять, что Леви-Стросс ознакомился с работами Соссюра через лингвиста Р.Якобсона: «Анализируя тексты мифов, опираясь на метод структурной лингвистики, в частности используя работы Р.Якобсона, он пришел к выводу, что по своим интеллектуальным операциям архаическое мышление не отличается от современного: логика мифического мышления является столь же взыскательной, как логика современного мышления» (Ждан, 2001, с.447).

**33) Аналогия Мишеля Фуко.** М.Фуко разработал концепцию функциональных отношений (структурных связей) для разных исторических периодов жизни общества по аналогии с теорией функциональных отношений для языка, построенной Ф.Соссюром, и теорией элементарных структур родства, созданной К.Леви-Строссом. Интересно, что Ролан Барт развил концепцию структур современного общества по аналогии с теми же исследованиями К.Леви-Стросса, касающимися структур первобытного общества, а Жак Лакан перенес структуралистские идеи и методы в область патологических нарушений человеческой психики. Н.С.Автономова в статье «Мишель Фуко и его книга «Слова и вещи», которая является предисловием к книге М.Фуко «Слова и вещи» (1994) пишет: «Наиболее четко и строго методологические приемы лингвистического анализа проводил в своей области – теоретической этнографии – основоположник структурного анализа во Франции Клод Леви-Стросс. Это позволило ему по-новому описать некоторые духовные структуры первобытных племен, обнаружить рациональную основу в том, что его предшественники считали «пралогическим» мышлением. Ролан Барт переносит эту методику с первобытных обществ на современные: он изучает, прежде всего, литературу, а также системы моды, еды, структуру города как особого рода означающие ансамбли, «социологика» которых в основе своей доступна рациональному постижению. Жак Лакан таким же образом использует лингвистические аналогии в исследовании человеческой психики и ее патологических нарушений. Он уподобляет структуру бессознательного языковой структуре и ищет соизмерения между различными уровнями психики, пути их рационального объяснения. Наконец, Мишель Фуко, самостоятельный и независимый представитель структурализма (сам он отрицает свою принадлежность к структурализму, так же как, впрочем, почти все другие «структуралисты», кроме Леви-Стросса), осуществляет этот перенос лингвистических приемов и понятий на область истории. Он ищет в ней не эволюции тех или иных идей и представлений во времени, но их связной структуры в каждый исторический период...» (Н.С.Автономова, 1994). В частности, М.Фуко обнаружил, что функциональная роль стоимости в структуре анализа богатств аналогична роли имени и глагола в структуре всеобщей грамматики и одновременно роли понятия «структура» в естественной истории.

**34) Аналогия Арнольда Тойнби.** Британский историк и социолог А.Тойнби построил теорию жизненного цикла различных цивилизаций Античности и Средневековья по аналогии с фазами онтогенетического развития живых организмов. С.Смирнов в книге «Годовые кольца истории» (2000) отмечает: «Образцами для молодого Тойнби стали биологи 19 века – прежде всего, эмбриологи, которые исследуют развитие организма от первой клетки до плодоношения. Сравнивая эволюции десятков земных ойкумен и цивилизаций Античности и Средневековья, Тойнби обнаружил во всех примерах чередование одних и тех же фаз: исходная вспышка, гармонический рост, затем некий кризис, завершаемый имперским равновесием, - и, наконец, века упадка активности в рамках универсальной церкви. Тойнби сопоставил эти фазы с развитием растения: это дало ему веру в природную естественность его пионерских конструкций» (С.Смирнов, 2000). Необходимо заметить, что задолго до А.Тойнби похожую аналогию проводил знаменитый английский философ Герберт Спенсер. Павел Лукша в книге «Самовоспроизводство в эволюционной экономике» (2009) повествует: «Одним из первых подходов к исследованию общества как самовоспроизводящейся системы в социологической мысли является теория социального философа Г.Спенсера. Спенсер широко использовал биологические аналогии, уподобляя общество организму не только метафорически, но и используя прямые параллели – идентифицируя в обществе «центральную нервную систему» и другие организмические подсистемы. Причиной этого является взгляд Спенсера на эволюцию как на универсальный закон, которому подвержены органические и неорганические, социальные и не социальные системы» (Лукша, 2009, с.42).

**35) Аналогия Льва Гумилева.** Российский этнограф и историк Лев Николаевич Гумилев (1967) выдвинул предположение, что причиной развития и расширения географической области существования различных этносов является пассионарность, то есть биохимическая энергия живого вещества, по аналогии с идеей В.И.Вернадского о том, что проявлением активности и масштабности энергии живого вещества является биологическая миграция элементов. В свою очередь, мысль о такой миграции элементов, формирующей облик земли, возникла у Вернадского в результате индуктивного обобщения факта перелета огромной стаи саранчи из Африки в Аравию. Вернадский ознакомился с этим фактом при чтении статьи английского натуралиста Карутерса, опубликованной в журнале «Природа» (1889). По подсчетам Вернадского, масса этой стаи саранчи составляла массу меди, цинка и свинца, извлеченных человечеством из земных недр в течение столетия. Лев Гумилев рассуждал, что если возможна миграция такой огромной стаи саранчи, являющейся проявлением биохимической энергии живого вещества, то по аналогии можно объяснить поход Александра Македонского в Индию и Среднюю Азию. С.Б.Лавров в книге «Лев Гумилев. Судьба и идеи» (2003) объясняет, как у Гумилева возникла идея связать пассионарность этносов, их стремление к пространственной экспансии с биохимической энергией живого вещества: «Теперь перейдем к самой важной теме: откуда же взялся первоначальный толчок? Л.Н. обратился к наследию классиков естествознания. «Великий ученый XX века В.И.Вернадский, - писал Гумилев, - читая в 1908 году заметку во французской газете о перелете саранчи из Африки в Аравию, обратил внимание на то, что масса скопища насекомых была больше, чем запасы всех месторождений меди, цинка и олова на всей Земле. Он был гений и потому задумался о том, какова энергия, которая подняла этих насекомых и бросила их из цветущих долин Эфиопии в Аравийскую пустыню, на верную смерть». Л.Н. опускает дальнейший ход рассуждений автора и переходит к выводу: биохимическая энергия живого вещества биосферы – совсем не мистическая, а обыкновенная, аналогичная электромагнитной, тепловой, гравитационной и механической. большей частью она находится в гомеостазе – неустойчивом равновесии, но иногда наблюдаются флуктуации – резкие подъемы и спады» (С.Б.Лавров, 2003). Отметим, что идею пассионарности Гумилева многие исследователи считают ненаучной, подобно тому, как признается ненаучным психоанализ З.Фрейда. Но нас в данном случае интересует не достоверность результатов, а механизм возникновения новых идей.

**36) Аналогия Александра Лурия.** А.Р.Лурия создал так называемую сопряженную моторную методику, усовершенствование которой привело к изобретению детектора лжи, по аналогии со словесно-ассоциативным тестом К.Юнга, позволявшим выявлять содержание бессознательного. Суть теста в том, что испытуемому предлагался список слов, на которые требовалось тут же реагировать первым приходящим на ум словом. Любая необычная задержка между стимулом и реакцией интерпретировалась как индикатор эмоционального напряжения, показатель заряженных психической энергией комплексов. Лурия всего лишь дополнил словесный ответ на стимул сжиманием резиновой груши рукой (С.Степанов, «Век психологии: имена и судьбы», 2002). О том, что подобные исследования до Лурии проводились К.Юнгом, пишут Д.Шульц и С.Э.Шульц в книге «История современной психологии» (1998): «Идея словесно-ассоциативного теста пришла Юнгу в голову после того, как один из коллег рассказал ему об ассоциативных экспериментах Вильгельма Вундта» (Д.Шульц, С.Э.Шульц, 1998, с.444). «Юнг использовал словесно-ассоциативный тест, - отмечают указанные историки науки, - в качестве детектора лжи и даже успешно изобличил таким образом двух обвинявшихся в воровстве преступников. В течение многих лет ученые полагали, что именно Юнг первым стал применять технические средства для определения вины подозреваемых» (там же, с.444).

**37) Аналогия Вольфганга Келера.** В.Келер (1920) выдвинул гипотезу о существовании в мозге электромагнитных полей, изоморфных структуре образа, по аналогии с

существованием электромагнитных полей в физическом пространстве. М.Г.Ярошевский в книге «Психология в 20 столетии» (1974) отмечает: «Если первым открытием гештальтистов был «фи-феномен», то первым теоретическим трудом – трактат Келера «Физические гештальты в покое и стационарном состоянии» (1920). Келер, как и Вертгеймер, стремился перестроить психологический способ объяснения по типу физико-математического. Теория электромагнитного поля, созданная Максвеллом, новые энергетические представления, развитые Планком, - все это, по мнению гештальтистов, создавало предпосылки для смены картины организма и его психических функций» (Ярошевский, 1974, с.212). Со слов Ярошевского, «стремясь найти материальное основание для психических гештальтов, Келер наметил воображаемую физиологию мозга, которая базировалась на физико-химических представлениях. В своем упомянутом выше труде он излагал физико-химические проблемы с целью развить одну из стержневых идей гештальтпсихологии – идею изоморфизма материальных (физиологических) и психических процессов» (там же, с.212). Об этой же аналогии В.Келера пишет А.Н.Ждан в книге «История психологии» (2001): «В.Келер в книге «Физические структуры в покое и стационарном состоянии» (1920) проводит мысль о том, что физический мир, так же, как и психологический, подчинен принципу гештальта. Гештальтисты начинают выходить за пределы психологии: все процессы действительности определяются закономерностями гештальта. Объяснение психических явлений должно состоять в нахождении соответствующих структур в мозговых процессах, которые объяснялись на основе физической теории электромагнитного поля, созданной Фарадеем и Максвеллом. Вводилось предположение о существовании электромагнитных полей в мозгу, которые, возникнув под влиянием стимула, изоморфны структуре образа. Гипотеза о наличии мозговых полей составляет существенную часть системы гештальтпсихологии и представляет ее решение психофизической проблемы. Принцип изоморфизма рассматривался гештальтпсихологами как выражение структурного единства мира – физического, физиологического и психического...» (Ждан, 2001, с.303). Даже сформулированный В.Келером закон прегнантности - закон формирования целостного образа (гештальта), выражающий тенденцию опыта принимать из всех возможных форм самую простую форму, был результатом аналогии с тем, как материальные частицы организуются в элегантные формы. Историк психологии Т.Лихи пишет: «В физике мы видим, как динамические силы спонтанно организуют материальные частицы в простые элегантные формы. Келер говорил, что мозг – это динамическое поле и, подобно самоорганизующимся силовым полям, отражающим физические гештальты, создает гештальты воспринятых объектов. «В каком-то смысле гештальтпсихология стала приложением физики поля к важным разделам психологии и физиологии мозга (Келер, 1967)» (Т.Лихи, «История современной психологии», 2003).

**38) Аналогия К.Дункера и М.Вертгеймера.** Карл Дункер и Макс Вертгеймер высказали идею о том, что основными механизмами творческого мышления являются принципы переструктурирования ситуации, близости, сходства, непрерывности и замкнутости гештальта, по аналогии с тем, что основными механизмами восприятия являются те же принципы. «Итак, - пишут психологи В.Н.Дружинин и Д.В.Ушаков, - в центре мышления Дункер поставил явления переструктурирования, инсайта. В сфере мышления механизмы этих явлений оказываются менее ясными, чем в области восприятия. В восприятии гештальтпсихологам... удалось установить достаточно четкие законы хорошей формы, к которой стремится перцептивный образ: близости, сходства, непрерывности, замкнутости. Примерно то же самое Вертгеймер, Келер и Дункер хотели сделать и в отношении мышления...» («Когнитивная психология» под ред. В.Н.Дружинина и Д.В.Ушакова, 2002). Принцип близости утверждает, что чем ближе два элемента друг к другу, тем более мы склонны группировать их вместе. Принцип сходства гласит о том, что сходные объекты группируются в единый образ. Согласно принципу непрерывности (принципу хорошего продолжения), элементы, образующие плавный, непрерывный контур, воспринимаются как единая фигура. В соответствии с принципом замкнутости, если контур фигуры имеет

разрывы, то мы склонны как бы заполнять их, дополнять фигуру до целостного образа. Вот эти принципы известные гештальтпсихологи и пытались по аналогии перенести из теории восприятия в теорию мышления.

**39) Аналогия Эрика Берна.** Знаменитый американский психолог, основатель трансактного анализа Эрик Берна (40-е годы 20 века) пришел к идее групповой психотерапии по аналогии со своими первыми опытами психотерапевтического лечения пациентов в группе, проведенными в армейском госпитале. Как пишет А.Логрус, «к «армейскому периоду» относится и первый проведенный Берном сеанс групповой психотерапии. В предисловии к вышедшей в 1966 году книге «Групповая психотерапия» Берна писал: «Я начал практиковать лечение пациентов в группе, работая в армейском госпитале... Выпивка была под запретом, и солдаты имели обыкновение закупать огромные количества лосьона для бритья и запрягивать в различных местах, чтобы выпить, когда появится возможность. Поэтому нужно было каждое утро проверять матрасы... Таким образом, были обнаружены большие залежи бутылок с токсическими жидкостями. В отчаянии я решил собрать пациентов в комнате отдыха, чтобы обсудить с ними фармакологические свойства лосьона для бритья. Пациентам так понравилась встреча, что они предложили проводить ежедневные встречи для продолжения этих дискуссий» (А.Логрус, «Великие мыслители 20 века», 2002).

**40) Аналогия Эдварда Толмена.** Э.Толмен (1934) разработал новую концепцию бихевиоризма по аналогии с концепцией логического позитивизма. «В 1934 году, - пишет историк науки Т.Лихи, - Толмен поехал в Вену, где попал под влияние логических позитивистов, особенно Рудольфа Карнапа, лидера венского кружка». Далее Т.Лихи указывает: «Психология Карнапа не противоречила взглядам Толмена, но она открыла ему новый способ сформулировать бихевиоризм в рамках философии науки, чей престиж и влияние росли с каждым днем. Вскоре после возвращения в США Толмен переформулировал свой целевой бихевиоризм с помощью языка логического позитивизма» (Т.Лихи, «История современной психологии», 2003). Согласно Лихи, эту аналогию проводил не только Толмен, но и Халл. «Мы уже знаем, - подчеркивает Лихи, - что в середине 1930-х годов Э.Ч.Толмен начал формулировать свое направление психологии в терминах логического позитивизма; то же самое произошло и с Халлом. После 1937 г. он отождествлял свою систему с «логическим эмпиризмом» и одобрял объединение американской теории поведения с венским логическим позитивизмом, которое породит истинный бихевиоризм. С тех пор Халл направил все свои усилия на создание формальной, дедуктивной, количественной теории научения» (Т.Лихи, «История современной психологии», 2003).

**41) Аналогия Эдварда Толмена.** Эдвард Толмен (1948) сформулировал представление о существовании в мозге крыс когнитивных карт, позволяющих им успешно ориентироваться в лабиринте, по аналогии с существованием в мозге человека мысленных образов, отражающих пространственные характеристики определенной местности и определяющих путь следования к тому или иному объекту этой местности. Основанием для проведения такой аналогии послужил анализ процесса обучения крыс способности проходить лабиринт. При этом Э.Толмен поместил в лабиринт две группы крыс, одна из которых получала вознаграждение в виде пищи за нахождение конца лабиринта, а другая – не получала. Крысам из первой группы обычно требовалось две недели на почти безошибочное прохождение лабиринта. Ученый обнаружил, что крысы, бегавшие в течение 10 дней по лабиринту и не получавшие вознаграждения в виде пищи за успешное прохождение этого лабиринта, всего за 3 дня научились успешно проходить его, как только начали получать вознаграждение. Э.Толмен решил, что в течение тех 10 дней, когда крысы просто бродили по лабиринту, они изучили его, и в их мозге сформировалась когнитивная карта, отражающая структуру лабиринта (Р.Р.Хок, «40 исследований, которые потрясли психологию», 2006).

**42) Аналогия Ролло Мэй.** Один из основателей гуманистической психологии Ролло Мэй (1950) построил психологическую теорию тревоги по аналогии с философской концепцией тревоги одного из предшественников философии экзистенциализма С.Кьеркегора, который объяснял тревогу как скрытый от сознания протест против небытия. «Заинтересовавшись во время болезни феноменами страха и тревоги, - пишет историк психологии С.Степанов, - Мэй начал изучать труды классиков, посвященные этой теме, - в первую очередь Фрейда, а также Кьеркегора, философа и теолога, прямого предшественника экзистенциализма 20 века. Мэй высоко ценил Фрейда, но предложенная Кьеркегором концепция тревоги как скрытого от сознания протеста против небытия затронула его более глубоко. Вскоре после возвращения из санатория Мэй оформил записи своих размышлений о тревоге в виде докторской диссертации и опубликовал ее под заглавием «Значение тревоги» (1950)» (С.Степанов, «Век психологии: имена и судьбы», 2002).

**43) Аналогия Мориса Свадеша.** М.Свадеш (1950) разработал в лингвистике метод определения продолжительности существования слов определенного языка, и ввел в лингвистику понятие периода полураспада древнего базового словаря языков, по аналогии с радиоуглеродным методом определения продолжительности существования радиоактивных частиц, созданным лауреатом Нобелевской премии Уиллардом Либби. В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) отмечает: «Радиоуглеродный метод, разработанный американским физикохимиком Уиллардом Фрэнком Либби, до сих пор является самым распространенным методом датирования в области археологической хронологии. В 1960 г. за это открытие ему была присуждена Нобелевская премия. Продолжительность существования радиоактивных частиц описывается показательным распределением. В 1950 г., следуя идеям Либби, М.Свадеш применил его метод в лингвистике, предполагая, что не только радиоактивные атомы, но и атомы речи, т.е. слова, можно считать распадающимися. Предполагая, что период полураспада древнего базового словаря языков составляет 2000 лет, можно определить дату, когда два родственных языка разделились. Для этого достаточно знать, какая часть базового словаря до сих пор существует в обоих языках. Этот метод применяется часто и известен как лексикостатистика, или глоттохронология» (Панов, 2006, с.464). Аналогичное описание представлено в книге А.Кондратова «Звуки и знаки» (1978): «Быть может, связь между временем и словами языка (английского, русского или любого другого языка мира) выражается не только в устойчивости слов, имеющих разное число слогов, но и в изменении всего словаря. Или, по крайней мере, какой-то его части. Нельзя ли найти лингвистические часы, подобные «часам» геологическим, хронологическим, астрономическим, с помощью которых мы определяем время событий. Эта мысль пришла в голову американскому языковеду Морису Свадешу по аналогии с методом датирования по распаду радиоактивного углерода» (Кондратов, 1978, с.33). Об этом же пишет Г.Секей в книге «Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике» (2003). Аналогия М.Свадеша заставляет вспомнить об аналогии Р.Бартона и Р.Кеблера, которые ввели понятие периода полураспада научных статей по аналогии с периодом полураспада радиоактивных веществ. Д.В.Ланде, В.Н.Фурашев, С.М.Брайчевский и А.Н.Григорьев в книге «Основы моделирования и оценки электронных информационных потоков» (Киев, «Инжиниринг», 2006) отмечают: «Для того, чтобы количественно оценить скорость старения информации, Р.Бартон и Р.Кеблер по аналогии с периодом полураспада радиоактивных веществ также ввели понятие «полупериода жизни» научных статей. Полупериод жизни в их понимании – это время, на протяжении которого была опубликована половина всех используемых в настоящее время документов относительно выбранного события или явления. Бартон и Кеблер определили периоды полураспада публикаций из физики (4,6 года), математики (10,5), геологии (11,8) [46]» (Ланде и др., 2006, с.26).

**44) Аналогия Томаса Куна.** Одной из исходных посылок концепции научных революций, построенной американским науковедом Томасом Куном (1962), была аналогия с теорией

политических революций. Т.Кун объяснил смену научных парадигм (ломку господствующих научных взглядов) аналогично механизму смены способов общественного устройства (социальной организации). В.С.Черняк в статье «Интеллектуальные революции, их предпосылки и диалектика» (сборник «Грани научного творчества», редактор – А.С.Майданов, 1999) подчеркивает: «На аналогию между политическими и научными революциями неоднократно указывает видный американский философ и историк науки Т.Кун. Сравнивая действующую научную парадигму с существующими политическими институтами, он отмечает, что подобно тому, как политические революции начинаются с сознания неадекватности политических институтов условиям общественной жизни людей, точно так же научные революции происходят из неадекватности парадигмы (общепризнанной теории) новым научным данным» (В.С.Черняк, 1999). Т.Кун в книге «Структура научных революций» (Москва, издательство АСТ, 2002) сам раскрывает свою аналогию: «Один аспект аналогии должен быть уже очевиден. Политические революции начинаются с роста сознания (часто ограничиваемого некоторой частью политического сообщества), что существующие институты перестали адекватно реагировать на проблемы, поставленные средой, которую они же отчасти создали. Научные революции во многом точно так же начинаются с возрастания сознания, опять-таки часто ограниченного узким подразделением научного сообщества, что существующая парадигма перестала адекватно функционировать при исследовании того аспекта природы, к которому сама эта парадигма раньше проложила путь» (Кун, 2002, с.129). «Этот генетический аспект аналогии между политическим и научным развитием, - подчеркивает Т.Кун, - не подлежит никакому сомнению» (там же, с.130). «Подобно выбору между конкурирующими политическими институтами, - поясняет Т.Кун, - выбор между конкурирующими парадигмами оказывается выбором между несовместимыми моделями жизни сообщества» (там же, с.131).

**45) Аналогия Берреса Скиннера.** Б.Ф.Скиннер (1969) сформулировал идею программированного (оперантного) обучения людей по аналогии со своими исследованиями оперантного обучения животных. Скиннер перенес изученные им принципы обучения с животных на человека. П.Я.Гальперин в книге «Лекции по психологии» (2005) пишет: «Скиннер пришел к... заключению, что нужно разбивать сложные действия на ряд маленьких шагов, из которых сначала первый подкрепляется, потом подкрепляется первый и второй, потом первый и третий, т.е. не первый и второй, а только третий, но выполняется первый, второй, третий, а потом – подкрепление. Потом выполняется четвертый шаг, т.е. первый, второй, третий и четвертый, тут опять подкрепление. Таким образом, он пришел к процедуре, которая позволяла разработать очень сложный рефлекс у голубей и у других животных в течение одного академического часа, когда это демонстрировалось учащимся. Это неслыханно быстрое обучение. Потом эти принципы обучения Скиннер перенес и на людей. Отсюда возникла его вариация так называемого программированного обучения» (Гальперин, 2005, с.96). Примечательно, что явление оперантного обусловливания, которое Скиннер по аналогии переносил с животных на людей, было открыто им случайно. Д.Гудвин в книге «Исследование в психологии» (2004) пишет о Скиннере: «В начале 1932 г. он изучал обусловливание и экспериментальное торможение реакций. Скиннер писал: «Первую кривую торможения я получил случайно. В эксперименте крыса нажимала рычаг, чтобы получить пищу, но в какой-то момент аппарат, выдающий кусочки еды, сломался. Меня не было в это время, и когда я вернулся, то обнаружил замечательную кривую. Крыса продолжала нажимать на рычаг, даже не получая за это пищу... Изменение поведения было более упорядоченным, чем угасание слюнного рефлекса в исследованиях Павлова, и я был ужасно взволнован. Был вечер пятницы, и в лаборатории не было никого, кому я мог бы рассказать о результатах. Все выходные я переходил улицы особенно осторожно, чтобы уберечь мое открытие и не дать ему исчезнуть в результате моей внезапной смерти» (Гудвин, 2004, с.46). Следовательно, данная аналогия Скиннера была аналогией с фактором случая. Следует также отметить, что, разрабатывая свою теорию поведения и научения, то есть концепцию

оперантного обусловливания, Б.Скиннер руководствовался аналогией и с теорией эволюции Дарвина. Т.Лихи в книге «История современной психологии» (2003) отмечает: «Взгляд Скиннера на поведение является наследником дарвиновского анализа эволюции, как часто говорил и сам Скиннер. Дарвин утверждал, что виды постоянно образуют варианты признаки и что природа воздействует на эти признаки, чтобы отобрать те, которые вносят свой вклад в выживание, и уничтожить те, которые этого не делают. По мнению Б.Ф.Скиннера, организм подобным же образом постоянно продуцирует варианты формы поведения. Некоторые из этих актов влекут за собой благоприятные последствия – получают подкрепление, а другие - нет» (Лихи, 2003, с.299).

**46) Аналогия Берреса Скиннера.** Б.Ф.Скиннер (1957) разработал оперантную теорию формирования речи у ребенка по аналогии со своей оперантной теорией поведения животных и человека. Согласно теории речи Скиннера, ребенок овладевает языком в процессе оперантного обусловливания: когда ребенок произносит правильные слова, он получает вознаграждение в виде внимания и поощрения родителей, а когда у него получаются неправильные, бессмысленные сочетания звуков, родители исправляют его, объясняя, как нужно говорить правильно. В теории Скиннера процесс овладения языком сводится к научению методом проб и ошибок и к элементарным связям «стимул-реакция». Таким образом, метод проб и ошибок и механизм оперантного обусловливания Скиннер по аналогии перенес из бихевиористской теории поведения в концепцию формирования речи. Теория Скиннера частично подтверждается тем, что существует множество логопедических методик исправления заикания, причем зачастую они основаны на принципах оперантного обусловливания, когда дети получают вознаграждение за плавную речь (Н.Хейес, С.Оррелл, «Введение в психологию», 2003). До Б.Скиннера научение путем проб и ошибок переносилось с теории поведения в концепцию формирования речи Д.Уотсоном. М.Г.Ярошевский в книге «Психология в 20 столетии» (1974) указывает: «Уже Торндайк, изучавший поведение кошек и обезьян без обращения к образам и другим «ненадежным» понятиям традиционной психологии, интерпретировал интеллект как поведение, направленное на решение проблемы путем отбора движений, случайно оказавшихся удачными. Уотсон применяет этот же принцип, распространяя его на речевые движения» (Ярошевский, 1974, с.181).

**47) Аналогия Джона Боулби.** Известный психоаналитик Джон Боулби (1950-е годы) построил психологическую концепцию привязанности ребенка к своим родителям по аналогии с теорией импринтинга К.Лоренца, объясняющей готовность только что родившегося цыпленка следовать за первым движущимся объектом, попавшим в поле его зрения. В книге «Теории развития» (2002), а именно в главе «Этологические теории: Дарвин, Лоренц и Тинберген, Боулби и Эйнсуорт», У.К.Крэйн отмечает: «В своих трудах Боулби намеренно использовал этологические термины «инстинкт» и «импринтинг» в широком смысле. Он хотел показать, что эти понятия приложимы к человеческому поведению в своем общем виде, не как исключительно точные, детализированные определения. Тем не менее, Боулби чувствовал, что эти этологические понятия дают надежные объяснения, которых он искал. Он говорил, что когда впервые узнал о них в 1950-х гг., то готов был воскликнуть: «Эврика!» В частности, он понял, почему младенцы и маленькие дети бывают так потрясены, когда их разлучают с родителями. Будучи продуктом эволюции, ребенок испытывает инстинктивную потребность оставаться рядом с родителем, на которого у него выработался импринтинг» (У.К.Крэйн, 2002). Об этой аналогии Боулби пишет также Г.В.Бурменская в статье «Проблемы онто- и филогенеза привязанности к матери в теории Джона Боулби» («Журнал практической психологии и психоанализа», 2003, № 1): «В этот период (в период поисков объективных механизмов привязанности у детей – Н.Н.Б.) Боулби случайно знакомится с работой австрийского ученого Конрада Лоренца, опубликованной (на немецком языке) еще в 1935 г. Его внимание привлекло открытое Лоренцем явление запечатления у

птиц, а вслед за этим и этологическое направление в целом. Сама возможность феномена запечатления – установления прочной связи птенца с матерью, возникающей безотносительно к удовлетворению его первичных физиологических потребностей, - указывала на существование принципиально иных (чем, например, пищевое подкрепление) механизмов образования тесных отношений между родителями и потомством. Таким образом, в этологии Боулби нашел важный источник новых идей для преодоления ограниченности психоанализа и построения своей концепции привязанности» (Г.В.Бурменская, 2003).

**48) Аналогия Эрика Леннеберга.** Э.Леннеберг (1964, 1967) сформулировал представление о том, что овладение языком должно произойти в определенный критический период жизни ребенка, и если этого не случится, то ребенок никогда уже не научится говорить, руководствуясь аналогией. В частности, он по аналогии распространял на процесс формирования языка механизм формирования языковых зон мозга. Результаты исследования языковых зон мозга показывают, что эти зоны располагаются в левом полушарии коры головного мозга. Если повредить их у детей, не достигших полового созревания, функция языка обычно перемещается в другое полушарие, и ребенок полностью восстанавливается после травмы. Если же их повредить у взрослого человека, результатом станет стойкое ухудшение функции языка. Однако идея Леннеберга о критическом периоде овладения языком имеет границы своей справедливости, то есть допускает исключения (Н.Хейес, С.Оррелл, «Введение в психологию», 2003).

**49) Аналогия Данальда Бродбента.** Британский психолог Д.Бродбент (1958) предложил теорию, названную моделью с фильтрацией, согласно которой обработка информации человеком ограничена пропускной способностью канала, по аналогии с эквивалентной идеей из теории обработки информации Клода Шеннона (1948) и Уоррена Вивера. (Здесь под каналом подразумевается нервное волокно). Согласно Бродбенту, в систему входит больше информации, чем может быть обработано каналом с ограниченной пропускной способностью. Бродбент считал, что для исключения перегрузки системы избирательный фильтр можно переключить на какой-нибудь другой сенсорный канал. Другими словами, Бродбент предположил, что для извлечения смысла из того, что мы слышим, наш мозг должен настроиться на один тип импульсов, подобно тому, как перестраиваемый фильтр в высококачественном приемнике способен обнаруживать сообщения той или иной частоты и посылать каждое сообщение на соответствующий усилительный канал для дальнейшей обработки. Р.Солсо в книге «Когнитивная психология» (2002) пишет: «Целостную теорию внимания первым разработал британский ученый Бродбент (1958). Эта теория, названная моделью с фильтрацией, была связана с так называемой «одноканальной теорией» и основывалась на идее о том, что обработка информации ограничена пропускной способностью канала, - как гласила исходная теория обработки информации Клода Шеннона и Уоррена Вивера. Бродбент утверждает, что сообщения, проходящие по отдельному нерву, могут различаться в зависимости от того, какое из нервных волокон они стимулируют или какое количество нервных импульсов они производят. (Нейропсихологическими исследованиями было установлено, что сигналы высокой частоты и сигналы низкой частоты действительно передаются разными волокнами)» (Солсо, 2002, с.109). Томас Лихи в книге «История современной психологии» (2003) очень высоко оценивает исследования Бродбента: «Дональд Бродбент утверждал, что психология должна думать о входящих ощущениях не как о стимулах, а как об информации. Его предложение имеет ключевое значение для понимания перехода от бихевиоризма к когнитивной психологии» (Лихи, 2003, с.331).

**50) Аналогия Вильяма Гордона.** В.Гордон (1961) разработал эвристическую программу «Синектика», в рамках которой предложил использование четырех видов аналогий для решения научных и технических задач, по аналогии с исследованиями французского психолога Теодуля Рибо. Г.Я.Буш в книге «Методы технического творчества» (1972) пишет:

«Большое значение Т.Рибо придавал аналогиям. Труды его были использованы при создании ряда практических методик изобретательства. Так, например, широко известная в США методика изобретательства – так называемая «синектика», предложенная в наше время В.Гордоном и усовершенствованная его последователями, рекомендует применять метод эмпатии (по Рибо – олицетворения, одушевления технического объекта), метод символической аналогии, метод использования метафор (по Рибо – мистического воображения), метод переноса (по Рибо – метаморфозы, переноса на основании частного сходства), методы объединения, расчленения и др» (Г.Я.Буш, 1972). М.Орлов в книге «Основы классической ТРИЗ» (2005) пишет: «Синектика была разработана У.Гордоном и имеет не менее глубокие корни, чем метод фокальных объектов, и вполне очевидно связана с идеями Рибо» (Орлов, 2005, с.51). Тот же Орлов говорит о Рибо: «Он принципиально отрицал возможность создания методики изобретательства, но в то же время указывал на огромное значение таких приемов изобретательства, как объединение-разъединение и аналогии. Последним он придавал особенно большое значение, подчеркивая, что человек изобретает только потому, что способен составлять новые сочетания из известных идей» (там же, с.45).

**51) Аналогия Лоуренса Колберга.** Лоуренс Колберг (1963) высказал идею о существовании специфических стадий морального развития детей по аналогии с теорией Жана Пиаже (1954), постулирующей наличие стадий интеллектуального развития. По Колбергу, чтобы достичь определенный уровень нравственности, ребенок должен достичь определенной стадии интеллектуального развития. Как пишет историк психологии Р.Р.Хок, «приняв за отправную точку исследования Пиаже, Колберг предполагал, что уникальная способность человека формировать моральные суждения развивается в период детства вполне предсказуемым образом. Более того, он считал, что существуют специфические, определяемые стадии морального развития, связанные и сходные с выделенными Пиаже стадиями интеллектуального развития» (Р.Р.Хок, «40 исследований, которые потрясли психологию», 2006). Об этом же пишет Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007): «Идеи Пиаже об этапах психического развития детей стали отправной точкой для исследований Л.Кольберга (1927-1987), одним из основных открытий которого стала теория развития нравственности у детей» (Марцинковская, 2007, с.407). «Вслед за Пиаже, - поясняет Т.Д.Марцинковская, - Кольберг исследовал развитие нравственности у детей, расширив и углубив его идеи» (там же, с.407).

**52) Аналогия Ганса Айзенка.** Ганс Айзенк (1963) построил физиологическую интерпретацию двух психологических типов - интроверсии и экстраверсии, выделенных К.Юнгом в известной работе «Психологические типы», воспользовавшись аналогией. В частности, Г.Айзенк исходил из аналогии с теорией И.П.Павлова, описывающей типы нервной системы. В этой теории четыре основных психологических темперамента объясняются соотношением процессов возбуждения и торможения в нервной системе. Согласно интерпретации Г.Айзенка, в основе наблюдаемых проявлений интроверсии-экстраверсии лежат врожденные особенности центральной нервной системы, от которых зависит баланс между процессами возбуждения и торможения. Экстраверсии соответствует «сильная» нервная система, в которой ретикулярная формация стремится подавить входящие сообщения, а интроверсия связана со «слабой» нервной системой, в которой ретикулярная формация стремится усилить входящую информацию. Преобладание возбуждения над торможением характерно для интроверсии, тогда как преобладание процесса торможения типично для поведения экстравертов. К числу показателей интроверсии-экстраверсии Г.Айзенк отнес скорость образования и угасания условной реакции. Такое объяснение двух психологических типов К.Юнга возникло у Г.Айзенка при обнаружении аналогии (сходства) между концепцией психологических типов К.Юнга и концепцией И.П.Павлова, в которой описываются типы нервной системы. Г.Айзенк решил, что между типом нервной системы и интроверсией-экстраверсией имеется большое сходство, то есть в обоих случаях имеется

одинаковый физиологический механизм, а именно определенные особенности коркового возбуждения и торможения. Сам Г.Айзенк, сравнивая свою концепцию с типологией И.П.Павлова, приходит к выводу, что есть определенная аналогия между сильным типом нервной системы по И.П.Павлову и экстравертом, слабым типом и интровертом (С.Степанов, «Популярная психологическая энциклопедия», 2005).

**53) Аналогия Наома Хомского.** Выдающийся психолингвист Наом Хомский (1965) построил теорию о существовании врожденных структур, благодаря которым ребенок уже в очень раннем возрасте может усваивать грамматические правила, свойственные его родному языку, по аналогии с теорией врожденных идей Р.Декарта (1637). Подобно мнению Декарта о наличии идей, заложенных в человеке с рождения, Хомский решил, что существует некая структура, наследственно заложенная в мозгу и определяющая врожденную способность каждого человека строить неограниченное число осмысленных высказываний. Хомский бросил вызов бихевиоризму, заявив, что дети не могут учить языки только через индукцию или путем проб и ошибок. Т.Лихи в книге «История современной психологии» (2003) пишет: «Если в 1950-х гг. кого-нибудь из психологов можно было поставить рядом с Дж.Уотсоном по степени радикальности взглядов, то это был Наом Хомский. В лингвистике Хомский возродил то, что называл рационалистической программой Декарта, предложив крайне формальное представление о языке как органе, посредством которого рассудок выражает сам себя, и воскресив представление о врожденных идеях» (Т.Лихи, 2003). «В попытке возродить картезианский рационализм в 20 веке, - подчеркивает Т.Лихи, - Хомский выдвинул нативистскую теорию научения языку, в дополнение к формальной, управляемой правилами, теории языка взрослых. Он предложил (1959, 1966), что дети обладают биологическим устройством для приобретения конкретного языка, которое руководит научением родному языку в возрасте от 2 до 12 лет. Таким образом, для Хомского, как и для Декарта, язык является уникальной принадлежностью людей» (Т.Лихи, 2003). Г.Фоллмер в книге «Эволюционная теория познания» (1998) пишет о Н.Хомском: «В своей языковой теории возвращается он – по крайней мере, терминологически – обратно к декартовским «врожденным идеям». Языковая компетентность – те языковые знания, которыми располагает каждый нормально говорящий – покоится на врожденных структурах, генетически обусловленных языковых способностях, своего рода универсальной грамматике, лежащей в основе любого человеческого языка» (Фоллмер, 1998, с.22). «Он охотно и подробно, - продолжает Г.Фоллмер, - сравнивает свое понимание с ходами мысли философии языка 17 столетия, особенно идеями Декарта, Лейбница и других рационалистов» (там же, с.128). Конечно, еще до этой аналогии с идеями Декарта мысль о существовании врожденных структур, определяющих языковую компетентность человека, возникла у Хомского на основе того факта, что животных нельзя обучить полноценному владению языком.

**54) Аналогия Джеймса Гибсона.** Джеймс Гибсон (1966, 1979) построил экологическую теорию восприятия, согласно которой воспринимаемые живым организмом оптические паттерны образуют вокруг него при движении динамический поток градиентов и текстур, руководствуясь аналогией. В частности, Гибсон мыслил по аналогии с жизнедеятельностью простейших одноклеточных организмов (например, амёб), которые ориентируются в окружающей среде на основе градиентов химических веществ, электромагнитных полей, температуры и т.д. «Наконец, - подчеркивает психолог Г.Хант, - если мы рассматриваем основные характеристики экологического строя у Гибсона как потенциальный межвидовой структурализм, то мы уже видели, как хорошо градиенты потока и проприочувствительность применимы к простейшим. С точки зрения максимальной теоретической экономии, следует считать, что жизненные миры возникают на уровне простейших. Самые общие категории, описывающие организацию их поведения, безусловно, применимы и к нам» (Г.Хант, «О природе сознания», 2004). До Гибсона была общепризнанной теория Гельмгольца, согласно которой существует некоторый бессознательный процесс, направленный на вычисление

размера предмета на основе информации о размерах его сетчаточного образа и расстояния до предмета. Гибсон объясняет константность восприятия иначе. По мнению Гибсона, константность восприятия связана с тем, что в самом сетчаточном образе содержится информация об истинной величине объекта. Размер предмета является не результатом умозаключения, как считал Гельмгольц, а продуктом непосредственного восприятия. Объект, как правило, воспринимается субъектом на фоне чего-то. Эти окружающие объекты обеспечивают наблюдателю возможность непосредственного восприятия относительной величины предметов. Если говорить о восприятии глубины, то, по мнению Гибсона, градиент структуры фона является главным признаком глубины и соответствует градиентам возбуждения сетчатки. Экологическая теория восприятия Гибсона опиралась также на аналогию с исследованиями гештальтпсихологов, главным образом К.Коффки.

**55) Аналогия Джона Гилфорда.** Дж.Гилфорд (1967) разработал структурную модель интеллекта, постулирующую существование 120-ти узкоспециализированных независимых способностей, по аналогии с идеей Л.Терстоуна (1938) о множественности интеллектуальных способностей. Л.Терстоун выделил такие первичные умственные способности, как пространственный интеллект, восприятие, вычислительный интеллект, вербальное понимание, беглость речи, память, логическое рассуждение. Л.Терстоун сделал вывод, что для описания индивидуального интеллекта нельзя использовать единственный IQ-показатель, и стал использовать факторный анализ в качестве средства выявления первичных способностей. По такому же пути пошел и Дж.Гилфорд, который применял факторный анализ как средство доказательства предварительно сконструированной теоретической модели интеллекта («Когнитивная психология» под ред. В.Н.Дружинина и Д.В.Ушакова, 2002).

**56) Аналогия Герберта Саймона.** Выдающийся психолог, лауреат Нобелевской премии по экономике за 1978 год Г.Саймон (1958) выдвинул гипотезу о том, что человеческое познание аналогично процессу обработки информации компьютерами, основываясь на компьютерной метафоре, которая разрешает и обосновывает проведение аналогий между деятельностью мозга человека и работой компьютера. Н.Смит в книге «Психология: современные системы» (2007) констатирует: «Идея о том, что человеческое познание можно моделировать на вычислительных машинах, принадлежит Герберту Саймону. Его подготовка в области общественно-политических наук способствовала развитию у него интереса к механизмам принятия решений в организациях, которые он впоследствии применил по отношению к людям. Совместно со своими коллегами он разработал компьютерные модели решения задач (Ньюэлл, Шоу и Саймон, 1958, Ньюэлл и Саймон, 1961), распространив их позднее на восприятие, вербальное научение и формирование понятий и детально развив аналогию между человеком и компьютером (Саймон и Ньюэлл, 1964)» (Смит, 2007, с.114-115). Кроме Саймона, аналогию между человеческим интеллектом и компьютером проводили такие психологи, Р.Стернберг (1966), Дж.Миллер, Е.Галантер, К.Прибрам. В книге «История психологии: от античности к современности» (2001) А.Н.Ждан пишет: «Другим вариантом концепций поведения, включающих в структуру поведения промежуточные механизмы, является теория субъективного бихевиоризма, с которой выступили Дж.Миллер, Е.Галантер, К.Прибрам. Под влиянием развития счетно-вычислительных машин и по аналогии с программами, заложенными в них, они постулировали внутри организма механизмы и процессы, опосредующие реакцию на стимул и реальность которых не вызывает сомнения. В качестве таких инстанций, связующих стимул и реакцию, они назвали Образ и План» (Ждан, 2001, с.294). Что касается Стернберга, то он стал использовать указанную аналогию после своих экспериментов по исследованию мысленного сканирования цифр. В этих экспериментах он обнаружил, что если попросить испытуемых запомнить набор цифр, количество которых не превышает шести, а затем спрашивать у них, присутствует ли определенная цифра в этом наборе, то время, необходимое для ответа, линейно возрастает вместе с размером запоминаемого набора цифр. Выяснилось, что испытуемые тратят около

38 мс для оценки каждой цифры в наборе. Гипотеза Стернберга в дальнейшем получила название «парадигмы Стернберга». Как пишет психолог Д.Андерсон в книге «Когнитивная психология» (2002), «Стернберг обращался к компьютерной метафоре для объяснения своей теории обработки информации. Он полагал, что обработку информации в этой задаче можно сравнить с тем, как компьютеры производят сканирование» (Андерсон, 2002, с.24). Здесь аналогия Г.Саймона переключается с аналогией Н.Винера.



«Поппер всегда был популярен среди ученых – и вполне обоснованно, так как он изобразил науку как бесконечное романтическое приключение. Одна редакционная статья в «Нейчур» назвала Поппера, и вполне справедливо, «философом для науки».

Джон Хорган о Карле Поппере

**57) Аналогия Карла Поппера и Дональда Кэмпбелла.** К.Поппер (1961) и Д.Кэмпбелл (1974) построили концепцию эволюционной эпистемологии, согласно которой научное познание развивается методом проб и ошибок, по аналогии с теорией эволюции Ч.Дарвина (1859), утверждающей, что природа создает новые биологические виды случайно, на основе проб и ошибок. К.Поппер и Д.Кэмпбелл ввели в теорию научного познания понятие отбора (селекции) удачных научных идей и гипотез, заимствовав это понятие из теории эволюции, где оно указывает на естественный отбор наиболее приспособленных организмов. В книге «Эволюционная эпистемология и логика социальных наук» (2000) К.Поппер пишет: «Итак, все наше знание гипотетично. Это- приспособление к не вполне известной нам окружающей среде. Оно часто успешно, а часто неуспешно, оно есть результат предварительных проб и неизбежных ошибок и устранения ошибок. Некоторые из ошибок, включенных в наследуемую конституцию организма, устраняются путем устранения их носителя, то есть индивидуального организма» (Поппер, 2000, с.206). «Я часто говорил, - поясняет Поппер, - что от амебы до Эйнштейна только один шаг. Оба работают методом проб и ошибок. Амеба должна ненавидеть ошибки, потому что она умрет, если ошибется. Но Эйнштейн знает, что мы можем учиться только на наших ошибках, и не жалеет сил, устраивая все новые проверки, чтобы обнаружить новые ошибки и устранить их из наших теорий» (там же, с.209). В той же книге, в предисловии к своему очерку эволюционной эпистемологии Д.Кэмпбелл отмечает: «Эволюционная эпистемология должна по меньше мере учитывать статус человека как продукта биологической и социальной эволюции и быть совместимой с этим статусом. В предлагаемом очерке доказывается также, что эволюция – даже в ее биологических аспектах – есть процесс познания и что парадигма естественного отбора как модель прироста такого знания может быть распространена и на другие виды эпистемической (познавательной) деятельности, такие как обучение, мышление и наука» (Кэмпбелл, 2000, с.92). Интересно, что еще Александр Бэн (1855) высказал предположение о том, что особым принципом организации поведения живых организмов является метод проб и ошибок. Этот взгляд оказал влияние на Ч.Дарвина, который по аналогии склонился к заключению о том, что важным механизмом эволюции биологических видов является естественный отбор, сохраняющий те наследственные изменения, которые случайно, методом проб и ошибок, возникли среди организмов. М.Г.Ярошевский в книге «История психологии от античности до середины 20 века» (1997) констатирует: «Бэн выдвинул представление о «пробах и ошибках» как особом принципе организации поведения. Между «чисто» рефлекторным и «чисто» произвольным имеется обширный спектр действий, благодаря которому постепенно, шаг за шагом, иногда дорогой ценой, достигается искомая цель. Концепцию «проб и ошибок» ожидало большое будущее. Этому правилу, предполагал Бэн, подчиняется не только внешнедвигательная, но и

внутримыслительная активность. Так, процесс мышления может рассматриваться как отбор правильной (соответствующей искомой цели) комбинации слов, который производится по тому же принципу, что и отбор нужных движений при обучении плаванию и другим двигательным навыкам» (Ярошевский, 1997, с.110). Т.Д.Марцинковская в книге «История психологии» (2007) также пишет о Бэне: «В своих рассуждениях он впервые апеллировал к положениям эволюционной теории Дарвина, проводя аналогию между биологическими и психологическими понятиями. Бэн доказывал, что, как природа, пробуя и ошибаясь, отбирает наиболее продуктивные виды, так и человек совершает переход от неосознанного, спонтанного поведения к разумному и волевому не сразу, но постепенно. Человек отбирает путем проб и ошибок наиболее продуктивные и целесообразные формы реакции на определенные события и предметы окружающего мира, которые и закрепляются в виде навыка или волевого, разумного действия. Так появилась в психологии модель проб и ошибок, которая в дальнейшем была положена американской психологией в основу объективного исследования поведения» (Марцинковская, 2007, с.173). Кроме Поппера и Кэмпбелла, об аналогии между эволюцией природы и эволюцией науки и техники говорили многие другие исследователи: Г.Спенсер, У.Джевонс, С.Батлер, П.Сурио, У.Джемс, Дж.Болдуин, Б.Рассел, К.Лоренц.

**58) Аналогия Конрада Лоренца.** Независимо от К.Поппера и Д.Кэмпбелла аналогию между факторами эволюции природы и человеческой культуры выявил лауреат Нобелевской премии по физиологии за 1973 год Конрад Лоренц. И.Г.Ребещенкова в статье «Концепция культуры как живой системы К.Лоренца» (материалы 12-й Международной конференции молодых ученых «Горное дело и окружающая среда», Москва, 2008) пишет: «Если признавать отсутствие запланированности эволюции природы и культуры именно рациональными способами, то надо определить механизм и факторы этой эволюции. Таким фактором Лоренц считал отбор как способ, противоположный рациональному планированию. Характерным является то, что понятие отбора, фигурирующее в теории эволюции органического мира Ч.Дарвина в качестве центрального понятия, Лоренц использовал для объяснения эволюции культуры, правда, в адаптированной форме. Аналогия культурного и органического развития заключается, согласно Лоренцу, также и в том, что факторы, детерминирующие приращение знаний в некоторой культуре, в принципе аналогичны факторам, направляющим развитие биологического вида (животного или растительного)» (И.Г.Ребещенкова, 2008). «Коль скоро признавалось то, что видообразование в органической природе подобно историческому становлению культур, - поясняет И.Г.Ребещенкова, - то можно признать возможность обнаружения аналогии в соотношении факторов, способствующих сохранению и разрушению культур. Это соотношение или равновесие между постоянством и приспособляемостью, необходимое для сохранения жизни, Лоренц назвал гармоническим антагонизмом» (И.Г.Ребещенкова, 2008). «...Лоренц эксплицитно уподобил друг другу, - продолжает автор статьи, - явления природы и явления культуры как когнитивные явления по их сути. По его словам, так же, как в геноме животного или растительного вида постоянство и изменчивость наследственности должны находиться в гармоническом равновесии, точно так же должно быть равновесие между постоянством и изменчивостью культурного знания» (И.Г.Ребещенкова, 2008). Е.Н.Князева в книге «Одиссея научного разума» (1995) детализирует аналогию К.Лоренца и других ученых: «Эволюционная эпистемология, в особенности в ее первоначальной версии, строилась на основе аналогии между научным процессом, ростом научного знания (а иногда и развитием культуры) и развитием биологических видов через естественный отбор. В основе этой аналогии лежит, с одной стороны, идея о том, что сам естественный отбор может быть осмыслен в информационных терминах, т.е. как процесс, в котором приобретает, накапливается и прирастает информация, релевантная нуждам живых систем. А с другой стороны, вариабельность, осцилляции функционирования живых систем рассматриваются как имеющие когнитивную значимость, а сама жизнь как когнитивный процесс» (Е.Н.Князева, 1995).

**59) Аналогия Конрада Лоренца.** Конрад Лоренц (1941) сформулировал идею о существовании биологических коррелятов априорных структур опыта Канта, когда обратил внимание на аналогию между природой импринтинга, открытого им в 1937 году, и свойствами априорных категорий немецкого философа Иммануила Канта (1781). Обнаружив явление импринтинга, Лоренц должен был объяснить это явление. Заметив, что импринтинг по своим свойствам весьма похож на априорный опыт (врожденные идеи) Канта, Лоренц перенес представления Канта в область биологии и опубликовал в 1941 году статью, озаглавленную «Кантовская доктрина а priori в свете современной биологии». В книге «Современная философия науки» (1996) К.Хахлвег и К.Хукер описывают основное содержание данной статьи Лоренца: «У многих птиц, скажем, существует механизм импринтинга. Это значит, что если новорожденный птенец в течение первых часов своей жизни не видит своих природных родителей, а видит объект другого рода, он всю оставшуюся жизнь принимает этот объект за своего родителя. Даже наиболее абсурдные предметы, такие, как игрушечная машинка или бородатый мужчина, воспринимаются как заменители матери. Случаи, подобные указанному, свидетельствуют о том, что существуют врожденные когнитивные структуры, которые дают направление познанию, оставаясь вне детерминации со стороны содержания этого познания. Эти сравнительно простые случаи показывают нам то, что хотелось бы называть категориями опыта. Они присутствуют до всякого опыта и образуют основополагающие структуры всякого опыта. В этом отношении они соответствуют кантовскому а priori» (Хахлвег, Хукер, 1996, с.162). Аналогия Лоренца относится к категории переносов с фактором случая, поскольку явление импринтинга он обнаружил в известной степени случайно. Ж.Годфруа в книге «Что такое психология» (1992) констатирует: «...Лоренц занимался изучением гусят, вылупившихся в инкубаторе. Первым движущимся объектом, с которым встречались гусята в момент вылупления, была не их биологическая мать, а сам Лоренц. Произошла удивительная вещь: вместо того чтобы присоединиться к стаду гусей, эти гусята повсюду следовали за Лоренцом и вели себя так, как если бы он был их матерью. Оказавшись в присутствии своей настоящей матери, они не обращали на нее никакого внимания и возвращались под защиту Лоренца. Проявления этой привязанности к человеку стали особенно необычными, когда, достигнув половой зрелости, эти гуси принялись искать брачных партнеров, сходных с человеком, не проявляя ни малейшего интереса к представителям собственного вида. Лоренц назвал эту глубокую привязанность к первому движущемуся объекту, который увидели гусята после вылупления из яйца, импринтингом (запечатлением)» (Годфруа, 1992, с.33).

**60) Аналогия Иосифа Фейгенберга.** Российский ученый И.Фейгенберг (1965, 1972) выдвинул идею о том, что в основе реализации высших психических функций лежит вероятностное прогнозирование, по аналогии с исследованиями Николая Бернштейна (1935, 1961), который использовал понятие вероятностного прогнозирования при описании процесса программирования сложных движений. И.Фейгенберг перенес данное понятие из физиологии движения в теорию высших психических функций. Н.А.Бернштейн в книге «Современные искания в физиологии нервного процесса», которая была им написана в 1935 году, но опубликована только в 2003 году, аргументирует: «Очевидно, жизненно полезное или значимое действие не может быть ни запрограммировано, ни осуществлено, если мозг не создал для этого направляющей предпосылки в виде названной сейчас модели потребного будущего. Судя по всему, мы имеем перед собой два связанных процесса. Один из них есть вероятностное прогнозирование по воспринимаемой текущей ситуации, своего рода экстраполяция на некоторый отрезок времени вперед. Фактические материалы и наблюдения, указывающие на такие процессы, уже накапливаются нейрофизиологами и клиницистами» (Бернштейн, 2003, с.7). Переноса понятие вероятностного прогнозирования из физиологии движений в теорию ориентировочной деятельности организмов, И.Фейгенберг сам раскрывает источник своей идеи. В книге «Мозг, психика, здоровье» (1972) он пишет:

«Предлагаемые очерки в популярной форме освещают в основном те вопросы работы мозга и психической деятельности, которым посвящена исследовательская работа автора. Особенно большое внимание уделено психической способности, которую автор изучал много лет и предложил назвать вероятностным прогнозированием. Выдвигая гипотезу о вероятностном прогнозировании, автор опирался на замечательные труды Николая Александровича Бернштейна по физиологии движений и физиологии активности. Большим счастьем для автора была возможность непосредственного научного общения с этим большим ученым» (Фейгенберг, 1972, с.1). «Живому организму или другой сложной системе, функционирующей в вероятностно организованной среде, - поясняет И.Фейгенберг, - вероятностное прогнозирование полезно тем, что позволяет осуществлять преднастройку – подготовку к действиям в тех предстоящих ситуациях, наступление которых прогнозируется с наибольшей вероятностью» (там же, с.34).

**61) Аналогия Иосифа Фейгенберга.** И.Фейгенберг (1965, 1972) пришел к выводу о том, что интеллект больных шизофренией не способен правильно осуществлять вероятностное прогнозирование, когда по аналогии перенес понятие вероятностного прогнозирования из физиологии в патологию. И.Фейгенберг рассуждал по аналогии с нарушением других высших психических функций при различных заболеваниях мозга. И.Фейгенберг в книге «Мозг, психика, здоровье» (1972), описывая различные особенности ориентировочной реакции, аргументирует: «Вернемся теперь к нарушению ориентировочной реакции у больных шизофренией с выраженной картиной дефекта. Может быть, оно обусловлено именно тем, что у этих больных нарушено вероятностное прогнозирование, нарушено использование вероятностно организованного прошлого опыта? Мы вправе сделать такое предположение – ведь вероятностное прогнозирование составляет одно из звеньев, необходимых для осуществления ориентировочной реакции» (Фейгенберг, 1972, с.40). Ученый смог доказать свой вывод в эксперименте, основанном на использовании иллюзии Шарпантье – искажении восприятия весовых признаков предметов, обусловленном прошлым опытом. Если здоровые люди часто обнаруживают эту иллюзию, то у больных шизофренией она отсутствует, что свидетельствует о нарушении способности к вероятностному прогнозированию.

**62) Аналогия Мартина Селигмана.** Мартин Селигман (1975) разработал теорию человеческой депрессии, согласно которой депрессия развивается в результате переживания повторяющихся негативных событий, которые нельзя избежать или проконтролировать, по аналогии с исследованиями Рассела Лифа и Брюса Овермира (1965). Эти исследователи обнаружили, что когда собака, закрепленная в специальном станке, получает электрический разряд и не может избежать его, она постепенно прекращает попытки. У нее возникает пассивное состояние, то есть приобретенное нежелание избегать травматического воздействия после неоднократного повторения неудачных попыток контролировать его. Это состояние было названо «выученной беспомощностью». Как пишет психолог Д.Гудвин, «собака понимала, что в станке Павлова шока невозможно избежать, несмотря на все усилия, и прекращала попытки. Впоследствии Селигман и его коллеги распространили свою теорию выученной беспомощности на человеческую психопатологию, а именно на теорию депрессии» (Д.Гудвин, «Исследование в психологии», 2004).

**63) Аналогия У.Кинча и Дж.Фодора.** У.Кинч (1974) и Дж.Фодор (1978) построили пропозициональную модель мышления в результате продуктивного переноса в психологию и психолингвистику логического подхода В.Карнапа, в котором представлены постулаты значений. Б.В.Величковский во втором томе книги «Когнитивная наука» (2006) пишет: «...Речь идет о так называемых постулатах значений, впервые описанных крупнейшим представителем неопозитивизма Р.Карнапом. С их помощью задаются теоретико-множественные отношения между значениями слов, например: «Для всякого  $x$  если  $x$  – это пантера, то  $x$  – это живое существо». Постулаты значения вводятся в модели языка, чтобы

показать, какие из логически правильно построенных комбинаций символов семантически правильны, а какие семантически ошибочны (то есть комбинации, для которых не выполняются постулаты значений). Подобные правила были затем перенесены У.Кинчем (1974) и Дж.Фодором (1978) из формальной семантики в психологию и психолингвистику. Согласно этим авторам, значения слов естественного языка репрезентируются пропозиционально – в терминах предикатов некоторого гипотетического «языка мысли» («ментального языка»), а постулаты значения, выраженные в том же «языке», используются для оценки истинности комбинации этих пропозиций и для осуществления на их основе семантически возможных умозаключений» (Величковский, 2006, с.15).

**64) Аналогия Бориса Медникова.** Известный российский биолог Б.М.Медников (1976) выдвинул гипотезу о возможности описать механизмы эволюции языка путем использования понятий из области эволюции генетического кода (генетических текстов), когда заметил аналогию между человеческим языком и генетическим кодом. Б.М.Медников планировал написать отдельную книгу, посвященную этой аналогии. К сожалению, ему не хватило времени на реализацию этого замысла. Редактор журнала «Химия и жизнь» пишет в примечаниях к статье Б.М.Медникова «Происхождение жизни и языка» (журнал «Химия и жизнь», 2003, № 11): «Борис Михайлович предложил мне вместе с ним работать над рукописью. В книге он собирался изложить свои идеи общей теории эволюции, включающей и эволюцию языков, мифов, ритуалов, технологий. Называться она должна была «Аналогия»... Идею об аналогии между эволюцией языков и генетических текстов Б.М.Медников высказал одним из первых в мире в статье «Геном и язык (параллели между эволюционной генетикой и сравнительным языкознанием), которую ему с трудом удалось опубликовать в 1976 году в «Бюллетене МОИП». Позже эта идея стала популярной при сравнении методов «молекулярных часов» и глоттохронологии, например, в работах Л.Л.Кавалли - Сфорца» («Химия и жизнь», 2003, № 11). Сам Б.М.Медников аргументировал: «Мы уже пришли к выводу, что генетический канал информации, по Дарвину, возник постепенно. Почему же лингвистический канал требует иного происхождения? Доводы лингвистов удивительно напоминают те доводы, которые выдвигали против дарвиновской теории эволюции сторонники божественного происхождения жизни» («Химия и жизнь», 2003, № 11). Б.М.Медников успел написать три главы своей книги, которые были опубликованы в журнале «Человек» (2004, №№ 1-4) в виде статьи под названием «Аналогия (параллели между биологической и культурной эволюцией)». В данной статье Б.М.Медников подчеркивает: «Как и в генетическом канале информации, в лингвистическом непрерывно, из поколения в поколение, могут накапливаться изменения. Поэтому язык потомков всегда отличался от языка предков. Закодированная в этом канале информация тоже непрерывно подвергается воздействию внешней среды. А внешняя среда здесь – условия, среди которых существует человеческая популяция, включая отношения между ее членами с другими популяциями» (Б.М.Медников, 2004).

**65) Аналогия Ричарда Докинса (Докинза).** Известный биолог Р.Докинс сформулировал идею о существовании информационных репликаторов – самовоспроизводящихся единиц информации по аналогии с существованием биологических репликаторов – самовоспроизводящихся отрезков молекулы ДНК. Э.А.Соснин и Б.Н.Пойзнер в книге «Лазерная модель творчества» (1997) пишут: «По Р.Докинзу, в основе эволюции лежит репликатор – самовоспроизводящаяся единица информации. Функция репликатора в том, чтобы создавать свои более или менее точные копии (реплики), конкурируя с другими репликаторами. В биологии репликатором оказывается ген. Ему, а не особи, популяции или виду, «служит» эволюция. Организм же – всего лишь средство выживания и передачи генов. Строя параллель между эволюцией живой природы и эволюцией культуры, Р.Докинз вводит по аналогии с геном понятие мема. Мем (от англ. memory - память) есть ген культуры. (...) И.Р.Докинз и Б.М.Медников наделяют мем главными свойствами гена: наследственностью,

изменчивостью, способностью подвергаться отбору. В процессе конкурентного отбора культурных образцов определяющая роль принадлежит случаю, хотя влияние оказывает авторитет, тем более – харизма их носителей и общественное мнение о новых мемах, порой в патриархальных обществах – превращающееся в диктатора» (Э.А.Соснин и Б.Н.Пойзнер, 1997). Об этом же пишет М.Д.Голубовский в книге «Век генетики: эволюция идей и понятий» (2000): «Докинз проводит интересные параллели между биологической и культурной эволюцией и вводит по аналогии с геном удобный эвристический термин «мем» для обозначения наследуемых единиц культурных стереотипов, а также термин «мемфонд», по аналогии с термином А.С.Серебровского «генофонд» (М.Д.Голубовский, 2000). Сам Р.Докинз в книге «Эгоистичный ген» (1993) говорит: «Точно так же, как гены распространяются в генофонде, переходя из одного тела в другое с помощью сперматозоидов или яйцеклеток, мемы распространяются в том же смысле, переходя из одного мозга в другой с помощью процесса, который в широком смысле можно назвать имитацией» (Докинз, 1993, с.111).

**66) Аналогия Василия Налимова.** В.В.Налимов (1979) разработал вероятностную модель языка (вероятностную теорию смыслов) по аналогии с вероятностными моделями других физических и психологических явлений. Е.В.Маркова в статье «Он принес новые смыслы и новые решения» (журнал «Науковедение», 2000, № 1) пишет о В.В.Налимове: «Его размышления о вероятностной модели языка, о вероятностной теории смыслов и об эволюции и экологии были столь необычны, что рассматривались как вызов. Все многообразие научных интересов В.В.Налимова объединяет один стержень – использование математики для вероятностного описания внешнего мира, минуя жесткий детерминизм. Он считал, что естествоиспытатель, обращенный к вероятностно-статистическим методам, начинает мыслить иначе, чем это традиционно принято. Идея случайности приобретает для него познавательное значение» (Е.В.Маркова, 2000). В.В.Налимов в книге «Канатоходец» (1994) описывает один из этапов своего творческого пути: «Следующий мой еретический шаг – обращение к построению вероятностной модели языка. Мне хотелось понять, почему мы, люди, понимаем друг друга, когда пользуемся языком, слова которого не имеют атомарных смыслов. Мне представлялось естественным воспользоваться здесь вероятностными представлениями. Но это вызвало явное раздражение у коллег. Казалось, что я стал заниматься чем-то недопустимым, научно недозволенным» (В.В.Налимов, 1994). Примечательно, что выдающийся математик А.А.Марков (1907) построил математическую теорию случайных процессов (теорию цепей Маркова, в которой одни случайные события зависят от других), изучая распределение гласных и согласных букв в тексте поэмы Пушкина «Евгений Онегин» и повести Аксакова «Детские годы Багрова внука». Эти исследования развивал А.Н.Колмогоров, учеником и соратником которого был В.В.Налимов.

**67) Аналогия Василия Налимова.** В.В.Налимов (1979) получил ряд важных математических результатов в теории языкового поведения, когда провел аналогию между этим поведением и карточной игрой – той азартной игрой, анализ которой и привел когда-то к созданию математической теории вероятности (Паскаль, Ферма, Гюйгенс). В.В.Налимов в книге «Вероятностная модель языка» (1979) пишет об этой аналогии: «Своеобразной моделью языкового поведения являются игры, включающие случайную составляющую. Одна из них – это игра в карты. Когда где-то, скажем, в вагоне поезда, встречаются незнакомые люди разной интеллектуальной направленности, то у них появляется желание заменить языковое поведение его упрощенной моделью – игрою в карты. В карточных играх имеются строгие правила и хорошо разработанные стратегии, применяемые в случайных ситуациях. Эти правила действуют подобно правилам логики в нашем языке: их нельзя нарушить, иначе вы будете играть не в эту, а в другую игру. Генератором случая здесь является тасование карт. Случайность в сочетании со сложной системой правил делает игру интеллектуально насыщенной, напоминающей речевое поведение, где случайность задается полиморфизмом языка. И вот что важно: наше речевое поведение, так же как и карточная игра, должно иметь

альтернативы, иначе все превратится в фарс, в разгадывание шарады и будет столь же скучным и грустным, как судебный процесс с заранее предreshенным исходом. Элемент случайности входит в наше речевое поведение, накладываясь на логическую структуру» (Налимов, 1979, с.73-74).

**68) Аналогия Василия Налимова.** В.В.Налимов (1979) вывел в теории восприятия читаемого текста математическую формулу, отражающую функцию распределения ошибок при восприятии и понимании смысла этого текста, по аналогии с математической формулой Карла Гаусса, отражающей функцию распределения ошибок в процессе геодезических измерений и астрономических наблюдений. Если говорить о любом физическом эксперименте, то открытую Гауссом формулу можно трактовать как функцию распределения ошибок в любом физическом эксперименте. Это та функция распределения ошибок Гаусса (1809), по аналогии с которой Джеймс Максвелл (1859) вывел свой знаменитый статистический закон распределения молекул газа по скоростям. В.В.Налимов смело экстраполировал закон распределения ошибок Гаусса в теорию языка (лингвистику) и получил закон распределения смысла в тех или иных языковых символах. В своей книге «Вероятностная модель языка» (1979) В.В.Налимов неоднократно подчеркивает указанную аналогию. Говоря об эмоциональной настроенности и внимательности человека как обстоятельствах, приводящих к ошибкам восприятия текста, он пишет: «Последние два обстоятельства вносят тот же элемент неопределенности, что и ошибка в обычных физических измерениях. Во всяком случае, об ошибках семантического восприятия знака можно говорить так же, как и об ошибках в любых других измерительных процессах, и здесь столь же естественно вводить представление о функции распределения. Аналогия здесь может быть продолжена сколь угодно далеко» (Налимов, 1979, с.79). В другом месте своей книги В.В.Налимов вновь говорит об исходных посылах своей статистической модели восприятия текста: «Изложенная выше модель исходит из глубокой аналогии, существующей между процессом измерения и его интерпретацией, и процессом чтения знаковой системы. Она может быть противопоставлена известной концепции о логическом атомизме Фреге, Рассела и раннего Витгенштейна» (там же, с.82). «Функция правдоподобия  $p(y/\mu)$ , возникающая при чтении фразы, как мы уже об этом говорили выше, - поясняет В.В.Налимов, - прямой аналог измерению в физике. Смысл текста возникает как вероятностное описание взаимодействия «подготовленности к пониманию» и «речевого эксперимента», направленного на понимание. Аналогия оказывается глубокой, может быть, можно говорить о том, что в вероятностной модели языка проявилось парадигмическое давление современной физики» (там же, с.110).

**69) Аналогия Василия Налимова.** В.В.Налимов (1979) предложил использовать в модели восприятия знака (смысла текста) байесовский алгоритм по аналогии с использованием данного алгоритма (известной формулы Байеса) в психологической модели принятия решений (Э.Эдвардс, 1972). В книге «Вероятностная модель языка» (1979) В.В.Налимов пишет: «Если принять байесовскую модель восприятия знака, то мы должны будем признать, что после прочтения текста в нашем сознании будет запечатлено не какое-то дискретное смысловое значение, связанное с прочитанным знаком, а целое поле значений... Байесовскую модель можно интерпретировать как некоторую многозначную вероятностную логику, ответ на поставленный текстом вопрос здесь задается функцией распределения смыслового содержания» (Налимов, 1979, с.83). Как ни удивительно, В.В.Налимов был близок к построению адронной модели языка, поскольку он обнаружил аналогию между элементарными частицами адронами и словами естественного языка. В той же книге В.В.Налимов указывает: «Адроны не содержат, а скорее вовлекают друг друга в динамическом и вероятностном смысле теории S-матрицы; каждый адрон представляет собой состояние потенциальных связей всего множества частиц, способных взаимодействовать друг с другом, чтобы данный адрон образовать. (...) Связующие силы, удерживающие структуры в

объединенном состоянии, проявляют себя посредством обмена частиц, и эти, участвовавшие в обмене частицы, снова становятся адронами. Следовательно, каждый адрон имеет три функции: он есть сложная структура, он может быть составной частью другого адрона, он подлeжит взаимному обмену между другими составными частями и тем самым составляет часть сил, удерживающих структуру в объединенном состоянии. Аналогично в языке: слова в словарях объясняются через другие слова, но это не значит, что смысл каждого слова состоит из смысла тех других слов, через которые его пытаются объяснить; фразы состоят из слов, вероятно взаимодействующих друг с другом – это структура фразы, порождающая тот новый смысл, который вне ее не обнаруживается в каждом из составляющих ее слов, хотя этот смысл в них все же был заключен» (Налимов, 1979, с.111).

## Глава 9

### Аналогии в области математики

**1) Аналогия Демокрита.** Демокрит выдвинул идею о возможности составления любых тел из большого числа элементарных частей, размеры которых известны, и тем самым заложил основы математического интегрирования, руководствуясь аналогией со своей атомистической гипотезой. В книге «История математики с древнейших времен до начала нового времени» (1970) А.П.Юшкевич указывает: «Основываясь на некоторых фрагментах из сочинений Демокрита, можно думать, что он перенес в математику свою натурфилософскую концепцию и начал составлять тела из конечного числа элементарных частей – атомов, объемы которых известны. Объем всего тела получался суммированием объемов этих элементарных частей. Но, как теперь доказано, пирамиду нельзя составить из конечного числа призм, тем более это относится к конусу и цилиндру, поэтому для строгого обоснования результатов, о которых пишет Архимед, необходим предельный переход, которым Демокрит, разумеется, не пользовался. Поэтому-то Архимед и считал его результаты недоказанными» (Юшкевич, 1970, с.94). «...В концепции Демокрита, - аргументирует А.П.Юшкевич, - содержалась чрезвычайно плодотворная мысль, которая была впервые по-настоящему оценена и развита только Архимедом. Мы имеем в виду принцип, вообще говоря, приближенного, но сколь угодно точного составления любых тел из большого числа элементарных частей, размеры которых известны. В этом можно видеть зародышевую форму интеграционных методов» (там же, с.94). Об этом же говорит Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961): «Демокрит исходил из того, что точки – это атомы пространства, имеющие конечный объем, и считал, что в каждом отрезке имеется конечное, хотя и «сверхчувственно большое» число точек. Это представление было тесно связано с геометрическими представлениями пифагорейцев и Зенона. С помощью этого представления Демокрит находил площади и объемы многих фигур, в частности объем пирамиды» (Кольман, 1961, с.98).

**2) Аналогия Архимеда.** Великий механик и математик античности Архимед (287-212 до н.э.) открыл формулу площади параболического и шарового сегмента, руководствуясь аналогией между массой и площадью геометрических фигур. В частности, для определения площади фигур он использовал метод взвешивания соответствующих фигур, вырезанных из однородного материала. Определяя на весах массу сегмента и треугольника и сравнивая эти массы, Архимед выявлял соотношение между площадями этих фигур. Этот механический метод определения площадей впоследствии был развит Г.Галилеем. В книге С.Г.Гиндикина «Рассказы о физиках и математиках» (2006) Архимед говорит: «Некоторые вопросы выяснились для меня первоначально при помощи механического метода, после чего их надо было доказать геометрически, ибо исследование упомянутым методом не может дать подлинного доказательства» (цит. по: Гиндикин, 2006, с.143).

**3) Аналогия Архимеда.** Архимед нашел формулу объема сегмента параболоида по аналогии с методом определения площади треугольника, а формулу объема конуса - по аналогии с формулой площади сектора спирали. Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961) пишет: «...Характерной чертой математического творчества Архимеда было понимание связи между отдельными задачами, позволяющими решать одним и тем же формальным приемом задачи различного содержания. Так, например, он обнаружил, что объем сегмента параболоида вычисляется тем же приемом, что и площадь треугольника, объем конуса – как площадь сектора спирали. Это стало возможным потому, что, обращая главное внимание не на сами величины, а на их изменение, Архимед поднялся на более высокую, чем прежде, ступень абстракции, сумев отвлечься от конкретных особенностей рассматриваемых величин и осознать, как бы мы сказали теперь, внутренние функциональные связи между ними» (Кольман, 1961, с.166).



«Можно утверждать, что книги Евклида, по которым уже два тысячелетия во всем мире люди осваивают начала математики, оказали на развитие человеческой цивилизации большее влияние, нежели военные походы Александра Македонского и Наполеона».

Марк Быховский о Евклиде

**4) Аналогия Евклида.** Алгоритм Евклида (ок.365-300 до н.э.), то есть метод нахождения наибольшего общего делителя двух целых чисел был открыт Евклидом по аналогии с методом попеременного вычитания для отыскания общей меры двух величин, который восходит к предшественникам Евклида пифагорейцам и который служил основой доевдоксовой теории иррациональных чисел. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) пишет об исходных посылках алгоритма Евклида: «Этот процесс является распространением на область целых чисел метода попеременного вычитания для отыскания общей меры двух величин. Последний метод, без сомнения, восходит к пифагорейцам. Он является, по-видимому, основой доевдоксовой теории иррациональных чисел» (Бурбаки, 2007, с.103).

**5) Аналогия Гиппократа Хиосского.** Античный математик Гиппократ Хиосский открыл способ сведения (редукции) задачи удвоения куба к двойной геометрической пропорции по аналогии с решением задачи удвоения квадрата, а также по аналогии с теоремами «Начал» Евклида. У Евклида есть теоремы, согласно которым между двумя квадратными числами лежит одно среднее пропорциональное число, а между двумя кубическими числами лежит два средних пропорциональных числа. От этих теорем и отталкивался Гиппократ. Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961) пишет о Гиппократе Хиосском: «Возможно, что к этой мысли он пришел по аналогии с решением задачи удвоения квадрата, где имеет место простая геометрическая пропорция  $a : x = x : 2a$ , откуда  $a^2 : x^2 = a : 2a$ » (Кольман, 1961, с.105).

**6) Аналогия Менелая.** Известный древнеримский математик Менелай (конец 1 в.н.э.) открыл основные теоремы о сферических треугольниках по аналогии с теоремами Евклида о прямоугольных треугольниках. Теорема Менелая о фигуре, образованной четырьмя прямыми, каждая из которых пересекает остальные прямые в трех точках (правило шести величин), была открыта для сферического случая по аналогии с эквивалентной теоремой Евклида для плоского случая. Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961) пишет: «Сохранившийся в арабском переводе трехтомный труд Менелая «Сферика» впервые в истории содержит понятие сферического треугольника. Книга I посвящена основным предложениям о сферических треугольниках, аналогичных предложениям «Начал» Евклида, относящимся к прямолинейным треугольникам. В случае, когда у Евклида встречаются предложения, не имеющие полной аналогии в сферической геометрии, Менелай заменяет их соответствующими предложениями. Так, например, он доказывает, что сумма внутренних углов сферического треугольника более двух прямых» (Кольман, 1961, с.187-188). Об этой же аналогии Менелая пишет Марина Федосова в статье «Сферическая геометрия» (электронная энциклопедия «Кругосвет»): «Значительный вклад в сферическую геометрию внес Менелай из Александрии (ок. 100 г. н.э.). Его труд «Сферика» стал вершиной достижений греков в этой области. В «Сферике» рассматриваются сферические треугольники – предмет, которого нет у Евклида. Менелай перенес на сферу евклидову теорию плоских треугольников и в числе прочего получил условие, при котором три точки на сторонах сферического треугольника или их продолжениях лежат на одной прямой» (М.Федосова, энциклопедия «Кругосвет»).

**7) Аналогия Сабита ибн Корры.** Арабский математик Сабит ибн Корра (836-901) использовал метод интегральных сумм при решении задачи квадратуры параболического сегмента по аналогии с методом интегральных сумм Архимеда, с помощью которого тот нашел квадратуру спирали, кубатуру параболоида вращения и т.д. А.Даан-Дальмедико и Ж.Пейффер в книге «Пути и лабиринты. Очерки по истории математики» (1986) повествуют: «...Сабит ибн Корра (836-901) перевел на арабский язык сочинение Архимеда «О шаре и цилиндре» и в своей «Книге об измерении конического сечения, названного параболическим» проявил мастерское владение греческим методом. Он решил задачу квадратуры параболического сегмента при помощи интегральных сумм, которые Архимед использовал при квадратуре спирали, кубатуре параболоида вращения и т.д., но не применял при квадратуре параболы» (Даан-Дальмедико, Пейффер, 1986, с.244).

**8) Аналогия Абу Бакра Ал-Караджи и Ас-Самавала.** Выдающиеся арабские математики Средневековья ал-Караджи и ас-Самавал расширили область математических вычислений, когда по аналогии перенесли на алгебраические иррациональные величины операции арифметики (включая извлечение корней), которые до них применялись к рациональным величинам. А.Даан-Дальмедико и Ж.Пейффер в книге «Пути и лабиринты. Очерки по истории математики» (1986) отмечают: «Постепенно, начиная с Абу-Камила и вплоть до ас-Самавала, иррациональные числа становятся полноправными объектами алгебры и арифметики; понятия несоизмеримых геометрических величин и числовых иррациональных величин постепенно сближаются. Намерение ал-Караджи и ас-Самавала распространить операции арифметики, включая извлечение корней, на алгебраические иррациональные величины привело к расширению области вычислений – они теперь стали затрагивать и числа, и отрезки прямых, т.е. и арифметические и геометрические объекты, - а также к прояснению алгебраической структуры вещественных чисел» (Даан-Дальмедико, Пейффер, 1986, с.138). «Это теоретическое завоевание, распространение понятия числа на положительные иррациональные числа, - продолжают названные историки науки, - стало известно в Европе в конце XVI в., благодаря изданию в Риме «Изложения Евклида» сначала на арабском языке в 1594 г., а затем в латинском переводе в 1657 г.» (там же, с.141).

**9) Аналогия Галилео Галилея.** Галилео Галилей разработал механический метод определения площадей геометрических фигур по аналогии с исследованиями античного математика Архимеда. Как известно, Архимед открыл формулу площади параболического и шарового сегмента, используя метод взвешивания соответствующих фигур, вырезанных из однородного материала. Определяя на весах массу сегмента и треугольника и сравнивая эти массы, Архимед выявлял соотношение между площадями этих фигур. Галилей развил эту полузабытую процедуру, распространив ее на другие фигуры (в частности, он установил, что поверхность циклоиды в три раза больше образующего ее круга).



«Свои работы Виет печатал за свой счет в очень небольшом количестве – только для рассылки друзьям. Поэтому многие его труды после его смерти, при подготовке к изданию собрания его сочинений, так и не удалось найти. Но и в дошедших до нас работах Виета по алгебре содержится много важнейших открытий».

И.Депман о Франсуа Виете

**10) Аналогия Франсуа Виета.** Франсуа Виет (1594) получил первые значительные результаты в теории алгебраических уравнений по аналогии с достижениями Кардано (1545) и других математиков. В частности, Ф.Виет распространил на уравнения произвольной

степени линейную подстановку Кардано, уничтожающую член второй степени. Также он распространил на уравнения произвольной степени линейную подстановку Кардано, устраняющую иррациональности и отрицательные коэффициенты, а также линейную подстановку, упраздняющую дробные коэффициенты. Эти подстановки были открыты предшественником Виета Кардано для кубических уравнений. А.П.Юшкевич в книге «История математики с древнейших времен до начала нового времени» (1970) подчеркивает: «Виету же принадлежат первые значительные успехи в общей теории алгебраических уравнений. В сочинении «Об анализе и усовершенствовании уравнений» он применяет свой символический аппарат к разработке отдела о преобразованиях корней уравнений. Линейную подстановку вида  $x = y + h$ , примененную Кардано для уничтожения члена второй степени в кубическом уравнении, он распространяет на уравнения произвольной степени (и, в частности, сводит таким образом трехчленное квадратное уравнение к двучленному). Точно так же распространяет он известную Кардано обратную подстановку  $x = k/y$ , используя ее для освобождения в отдельных случаях от иррациональностей и отрицательных коэффициентов... Линейная подстановка вида  $x = ky$  употребляется для избавления от дробей в коэффициентах и для перевода данного уравнения степени  $n$  в другое с данным коэффициентом в члене степени  $n - 1$  при условии, что коэффициент старшего члена остается равным единице» (Юшкевич, 1970, с.312).

**11) Аналогия Франсуа Виета.** Ф.Виет (1591) разработал метод приближенного решения алгебраических уравнений с числовыми коэффициентами по аналогии с методом приближенного извлечения корней, который был развит математиками Средневекового Востока. Е.В.Кузина, О.В.Ларина, Т.В.Титкова и О.А.Щеглова в книге «Энциклопедия изобретений и открытий человечества» (2006) отмечают: «Изложив на языке знаков все известные факты о решении уравнений-многочленов, Виет заметил: если многочлен имеет полный набор корней (число которых равно его степени), то сам многочлен разлагается в произведение множителей вида  $(x - a)$ , где символ  $(a)$  обозначает любой корень многочлена. Открытие Виета выявило неожиданную аналогию между многочленами и целыми числами: они одинаково просто разлагаются на неразложимые множители. В мире чисел такими множителями являются простые числа, а среди многочленов двучлены вида  $(x - a)$  или более сложные неразложимые многочлены» (Кузина, Ларина, Титкова, Щеглова, 2006, с.101).

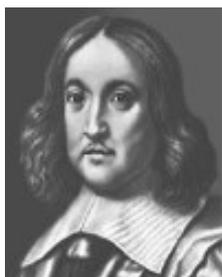
**12) Аналогия Франсуа Виета.** Франсуа Виет открыл формулу возведения комплексных (мнимых) чисел в любую целую положительную степень, руководствуясь аналогией с формулой возведения в произвольную степень двучлена, то есть с формулой бинома Ньютона. Эта формула для положительных и целых значений показателя степени, приписываемая Ньютону, была хорошо известна математикам Средневекового Востока и даже раньше.

**13) Аналогия Михаила Штифеля.** Выдающийся математик эпохи Возрождения Михаил Штифель сформулировал алгебраические действия над отрицательными числами по аналогии с алгебраическими действиями над иррациональными величинами. А.П.Юшкевич в книге «История математики с древнейших времен до начала нового времени» (1970) цитирует Штифеля: «Итак, подобно тому, как мы представляем себе различные корни чисел у чисел, не имеющих таких корней, и это представление оказывается в высшей степени полезным к математическим делам, так же не без пользы представляем себе и число ниже нуля, то есть ниже, чем ничего» (Юшкевич, 1970, с.316). «Как мы видим, - резюмирует А.П.Юшкевич, - Штифель подчеркивает аналогию между введением отрицательных и иррациональных чисел» (там же, с.316).

**14) Аналогия Симона Стевина.** Выдающийся механик и математик эпохи Возрождения Симон Стевин разработал алгоритм отыскания наибольшего общего делителя двух

многочленов по аналогии с алгоритмом Евклида для отыскания наибольшего общего делителя двух целых чисел. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) указывает: «Стевин (применявший по существу обозначение степеней) был, вероятно, первым, кто пришел к идее распространять «алгоритм Евклида» для отыскания наибольшего общего делителя двух многочленов. В остальном понятие делимости до середины 18 в. считалось присущим только целым числам. В 1770 г. Эйлер открыл новую главу арифметики, смело распространив понятие делимости на целые числа квадратичного расширения...» (Бурбаки, 2007, с.109). Об этой же аналогии Стевина говорят И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978): «Еще Стевин обратил внимание, что многочлены от одного переменного ведут себя как целые числа, причем неприводимые многочлены играют роль простых чисел. Стевин ввел для многочленов алгоритм Евклида, с помощью которого можно доказать, что каждый многочлен однозначно представляется в виде произведения неприводимых. Впоследствии на многочлены был перенесен и метод сравнений» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.116).

**15) Аналогия Блеза Паскаля.** Когда выдающийся математик и философ Блез Паскаль (1654) обнаружил аналогию между основной формулой комбинаторики и основной формулой теории конечных разностей (формулой бинома), он перенес в комбинаторику многие результаты теории конечных разностей.



«...Имя Ферма говорит очень многое независимо от его Великой теоремы. Он был, без всякого сомнения, одним из самых пронзительных умов своего времени – времени Гигантов. Его по праву считают основоположником теории чисел, он внес огромный вклад в зарождающиеся новые направления, определившие последующее развитие науки: математический анализ и аналитическую геометрию. Мы признательны Ферма за то, что он приоткрыл для нас мир, полный красоты и загадочности».

В.М.Тихомиров

**16) Аналогия Пьера Ферма.** Основные алгебраические уравнения конических сечений были открыты П.Ферма по аналогии с геометрическими теоремами об этих сечениях, сформулированными Аполлонием («Математика 17 столетия» под ред. А.П.Юшкевича, 1970).

**17) Аналогия Пьера Ферма.** Метод нахождения квадратур спиралей высших порядков был открыт Пьером Ферма по аналогии с двойным предельным переходом, которым пользовался первооткрыватель логарифмов Джон Непер в своих логарифмических исследованиях («Математика 17 столетия» под ред. А.П.Юшкевича, 1970). Кроме того, Ферма (1657) нашел квадратуру парабола для дробных и отрицательных показателей по аналогии с квадратурой парабола для целых и положительных показателей. Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины XIX столетия» (1960) пишет: «Мы теперь должны возвратиться к Ферма. В одной работе, завершённой не ранее 1657 г., он распространил свою квадратуру парабола также на случай дробных и отрицательных показателей. Он чертил параболу в прямоугольной системе координат и разбивал квадратируемую площадь прямыми, параллельными оси  $y$ , на весьма узкие полоски, длины оснований которых убывали или же возрастали в геометрической прогрессии. Рассматривая эти полоски как прямоугольники, Ферма затем производил их суммирование. При этом, разумеется, он должен был суммировать бесконечный ряд и определять предел суммы, когда первая из полосок, а за ней и все остальные становятся бесконечно узкими» (Вилейтнер, 1960, с.108).

**18) Аналогия Пьера Ферма.** Пьер Ферма (1640-1659) открыл метод бесконечного спуска как мощное средство доказательства теоретико-числовых теорем по аналогии с методом Евклида из седьмой книги его «Начал». Этот метод Евклид использовал для доказательства теоремы о том, что всякое составное число измеряется каким-то первым числом. Э.Кольман в книге «История математики в древности» (1961) пишет о предложениях книги VII «Начал» Евклида: «В предложениях 23-32 рассматриваются основные положения теории делимости. Предложение 31: «Всякое составное число измеряется каким-то первым числом» Евклид доказывает методом, получившим в дальнейшем название метода спуска» (Кольман, 1961, с.137). «Метод спуска, - отмечает Э.Кольман, - был надолго забыт, им стали пользоваться лишь в XIII в.» (там же, с.137). Л.Курляндчик и Г.Розенблюм в статье «Метод бесконечного спуска» (журнал «Квант», 1978, № 1) пишут: «...Метод спуска сродни методу математической индукции. Оба метода основаны на том факте, что любое непустое множество натуральных чисел имеет минимальный элемент. Метод спуска наиболее удобен для доказательства «отрицающих» теорем» (Курляндчик, Розенблюм, 1978, с.25).

**19) Аналогия Пьера Ферма.** Пьер Ферма (и независимо от него Рене Декарт) разработал основы аналитической геометрии, то есть ввел способ изображения кривых различного рода с помощью координат на плоскости, по аналогии с математическими исследованиями Аполлония, который изображал с помощью координат конические сечения. Д.Я.Стройк в книге «Краткий очерк истории математики» (1984) отмечает: «Нам следует иметь в виду, что Аполлоний определил конические сечения с помощью того, что мы сейчас, следуя Лейбницу, называем координатами, хотя числовых значений они не имели. Широта и долгота в «Географии» Птолемея были уже числовыми координатами. Папп в свое «Собрание» включил «Сокровищницу анализа», где нам надо только модернизировать обозначения, чтобы получить последовательное применение алгебры к геометрии» (Стройк, 1984, с.134). Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) подчеркивает: «Ферма, вдохновленный изучением Аполлония, понял даже раньше Декарта принцип аналитической геометрии и пришел к мысли о классификации плоских кривых по их порядку (эта идея, ставшая постепенно привычной всем математикам, была окончательно понята в конце 17 в.)» (Бурбаки, 2007, с.74). Об этом же говорит Джон Стиллвелл в книге «Математика и ее история» (2004): «Удивительно, однако, узнать, что как Ферма, так и Декарт начали с аналитического решения одной и той же классической геометрической задачи, задачи о четырех линиях Аполлония, и что главное открытие каждого заключалось в том, что уравнение второй степени соответствует коническим сечениям. До этого момента Ферма был более методичен, нежели Декарт, но он дошел лишь до этого. Он довольствовался тем, что оставил свою работу в «простом и грубом» состоянии, уверенный, что она качественно вырастет, когда ее подпитают новые изобретения. С другой стороны, Декарт рассмотрел множество кривых более высокой степени и отчетливо понял мощь алгебраических методов в геометрии. Однако он хотел утаить эту мощь от своих современников, особенно от соперника-математика Роберваля, как он признал в письме к Мерсенну» (Стиллвелл, 2004, с.114).

**20) Аналогия Пьера Ферма.** П.Ферма (1629) нашел решение неопределенных уравнений в рациональных числах по аналогии с математическими результатами Диофанта. А.П.Юшкевич в книге «Математика 17 столетия» (1970) отмечает: «В этом вопросе Ферма следовал за Диофантом. Еще Виет и Баше де Мезириаке обратили внимание на метод, с помощью которого Диофант находил рациональные решения неопределенных уравнений третьего порядка, а применили его для определения рациональных решений уравнения...» (Юшкевич, 1970, с.77). В работе «История математики с древнейших времен до начала нового времени» (1970) А.П.Юшкевич пишет об «Арифметике» Диофанта: «В Европе Нового времени с «Арифметикой» познакомились в 16 веке, и методы Диофанта, развитые им при решении

неопределенных уравнений, оказали огромное влияние на Виета и Ферма. Прием Диофанта для отыскания рациональных решений неопределенных уравнений третьей степени с двумя неизвестными был, по-видимому, впервые замечен и применен Виетом и Баше де Мезириаком. Ферма, как это видно из его примечаний к «Арифметике» Диофанта, уже в совершенстве владел им, причем, хорошо понял и геометрический смысл подстановок Диофанта. Быть может, Ферма заметил также, что метод Диофанта дает способ определения углового коэффициента касательной (производной)» (Юшкевич, 1970, с.149). В связи с этим можно говорить, что Ферма открыл способ определения углового коэффициента касательной, то есть метод алгебраического дифференцирования, по аналогии с методом подстановок Диофанта, применявшимся им при решении неопределенных уравнений.

**21) Аналогия Рене Декарта.** Р.Декарт открыл правило удаления второго члена с помощью линейной подстановки  $x = y + h$  для алгебраических уравнений любой степени по аналогии с эквивалентным правилом удаления, известным математикам для уравнения третьей степени (кубического уравнения). В книге «Математика XVII столетия» (1970), написанной под редакцией А.П.Юшкевича, отмечается: «Правила удаления второго члена кубического уравнения с помощью линейной подстановки  $x = y + h$  знали еще итальянские алгебраисты XVI в., а Декарт распространил его на уравнения любой степени» («Математика 17 столетия», 1970, с.51).

**22) Аналогия Жерара (Жирара) Дезарга.** Великий математик Ж.Дезарг (1639) открыл основные идеи проективной геометрии по аналогии с основными теоремами евклидовой геометрии. Интерпретируя конические сечения как проекции окружности с центром проекции в вершине конуса, Дезарг по аналогии перенес на конические сечения свойства окружности, лежащей в основании конуса. А.Даан-Дальмедико и Ж.Пейффер в книге «Пути и лабиринты» (1986) повествуют: «За исходное определение сечения Дезарг взял пересечение конуса с плоскостью; при этом он рассматривал все возможные положения плоскости. Это заставило его отнести к семейству конических сечений окружность и систему двух прямых. Интерпретируя конические сечения как проекции окружности с центром проекции в вершине конуса, он перенес на них свойства окружности, лежащей в основании конуса. Это новшество позволило ему, изучив прежде всего свойства круга, распространить их без дополнительного доказательства на конические сечения. Преимущество этой проективной точки зрения видно сразу...» (Даан-Дальмедико, Пейффер, 1986, с.181).

**23) Аналогия Э.Торричелли и Ж.Роберваля.** Э.Торричелли и Ж.Роберваль разработали метод построения касательной к траекториям движущихся точек по аналогии с методом построения касательной к спирали, открытым Архимедом. А.Даан-Дальмедико и Ж.Пейффер в книге «Пути и лабиринты. Очерки по истории математики» (1986) пишут: «Разработанный Архимедом метод построения касательной к спирали основан на кинематических соображениях. В XVII в. в работах Торричелли и Роберваля он был распространен на траектории движущихся точек. Архимед определял спираль как кривую, описываемую точкой, движущейся с постоянной скоростью вдоль луча, который вращается с постоянной угловой скоростью вокруг своего начала. По аналогии с этим Роберваль и Торричелли также рассматривали кривые, порожденные сочетанием двух движений с известными скоростями» (Даан-Дальмедико, Пейффер, 1986, с.258).

**24) Аналогия Ж.Дезарга, Б.Кавальери и Ж.Роберваля.** Теорема о площади сферического многоугольника была открыта Жираром (1629), Кавальери (1632) и Робервалем (1655) по аналогии с теоремой о площади сферического треугольника, найденной Гарриотом (1603). Указание на этот факт содержится в книге Г.Вилейтнера «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966).

**25) Аналогия Бонавентуры Кавальери.** Выдающийся математик Кавальери разработал метод координат для рассмотрения произвольных фигур на плоскости по аналогии с методом координат Аполлония, введившего координатную систему для рассмотрения конических сечений. Кавальери открыл метод координат независимо от Пьера Ферма и Рене Декарта. «Если Аполлоний, - пишет историк математики Ф.А.Медведев, - вводил координатную систему только для рассмотрения конических сечений, то у Кавальери она вводится для рассмотрения произвольных фигур плоскости» (Ф.А.Медведев, «Развитие понятия интеграла», 1974).

**26) Аналогия Джона Валлиса.** Валлис открыл теорему об интеграле дробной степени аргумента для дробных показателей по аналогии с той же теоремой для целой степени аргумента. Это открытие требовало от Валлиса смелых рассуждений, дополненных неполной индукцией. Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1960) констатирует: «Пользуясь своим методом, Валлис, как уже говорилось, самостоятельно открыл теорему Ферма об интеграле целой степени аргумента, а затем с помощью смелых заключений, опиравшихся на неполную индукцию, перенес ее на дробные и даже содержащие радикалы показатели. С помощью столь же смелых заключений, по аналогии проведенных им, однако с большим математическим тактом, или, как выражался сам Валлис, с помощью «интерполяции», он выразил интеграл  $\int \sqrt{x-x^2} dx$ , дающий площадь полукруга с диаметром 1, через факториалы дробных величин» (Вилейтнер, 1960, с.109).

**27) Аналогия Джона Валлиса.** Д.Валлис (1685) пришел к мысли о представлении комплексных (мнимых) чисел в виде точек плоскости по аналогии с представлением отрицательных чисел в виде точек направленной прямой. М.Клайн в книге «Математика. Утрата определенности» (1984) пишет: «В своей «Алгебре» (1685) Валлис показал, как геометрически представить комплексные корни квадратного уравнения с вещественными коэффициентами. По существу, Валлис утверждал, что комплексные числа ничуть не более бессмысленны, чем отрицательные числа, а так как последние можно изобразить точками направленной прямой, то комплексные числа можно изобразить точками плоскости. (...) Хотя работа Валлиса оказалась правильной, ее предали забвению, поскольку в то время математики еще не могли по достоинству оценить применение комплексных чисел» (Клайн, 1984, с.139).



«Необычайная моя судьба была причиной того, что, еще, будучи школьником, я напал на эти мысли, которые, как это обыкновенно бывает с первыми склонностями, глубже всего запечатлелись в моем уме. Две вещи оказали мне чрезвычайную услугу (хотя, вообще говоря, они обоюдоостры и для многих вредны): во-первых, то, что я был самоучкой, а, во-вторых, то, что в каждой науке, едва приступив к ней и часто не вполне понимая общеизвестное, я искал новое».

Г.Лейбниц о себе

**28) Аналогия Готфрида Лейбница.** Готфрид Лейбниц (1672) изобрел дифференциальное и интегральное исчисление по аналогии: 1) с математическими исследованиями Блеза Паскаля, который занимался вопросами проведения касательных к кривым, 2) с математическими исследованиями шотландца Грегори и 3) с математическими изысканиями Барроу, учителя Ньютона. А.П.Юшкевич в книге «Математика 17 столетия» (1970) пишет: «Трактат о синусе четверти круга» оказал значительное влияние на творчество Лейбница, который познакомился с ним по совету Гюйгенса в 1673 г.» (Юшкевич, 1970, с.191). В той же книге А.П.Юшкевич констатирует: «В только что цитированной переписке с Чирнгаузом 1678-1679

гг. Лейбниц довольно подробно и, так сказать, по свежим следам рассказал, как он пришел к дифференциальному и интегральному исчислению. Он указывает три главных источника своего открытия: 1) взятый у Паскаля и существенно обогащенный метод характеристического треугольника; 2) введенное Декартом и его последователями алгебраическое представление геометрических кривых и 3) открытие Валлиса и Меркатора в области бесконечных рядов вместе с собственными исследованиями о суммировании рядов при помощи порождающих их разностей» (Юшкевич, 1970, с.227). Математические исследования Паскаля были наиболее важной исходной посылкой изобретения Лейбница. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) пишет: «Благодаря счастливому случаю Лейбниц, когда он захотел приобщиться к современной ему математике, встретил Гюйгенса, который тотчас же дал ему сочинения Паскаля. Он был уже подготовлен к их восприятию своими размышлениями о комбинаторном анализе...» (Бурбаки, 2007, с.197). Об этом же говорит В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006): «На задачах о циклоиде Паскаль разработал, по существу, все, что необходимо для построения дифференциального и интегрального исчисления. Лейбниц пишет, что когда он познакомился с работами Паскаля, то был удивлен, насколько тот был близок к построению общей теории и почему неожиданно остановился, будто «на его глазах была пелена» (Панов, 2006, с.145).

**29) Аналогия Готфрида Лейбница.** Г.Лейбниц (1677-1684) открыл операторное (символическое) исчисление, которое в конце 19 века развил Оливер Хевисайд, основываясь на аналогии. А.П.Юшкевич в книге «Математика 17 столетия» (1970) подчеркивает: «В то же время Лейбниц пришел к замечательной мысли – формально объединить операторы интегрирования и дифференцирования, рассматривая... повторные интегралы, как дифференциалы с отрицательными индексами; следуя этому пути, он тут же сделал еще один смелый шаг вперед – ввел дифференциалы дробных порядков. Эти идеи были непосредственно связаны с открытием формулы многократного дифференцирования произведения двух или более функций, в которой Лейбниц усмотрел аналогию с формулой степени двучлена. Эта аналогия очевидна, если записать формулу бинома при натуральном  $n$  с помощью оператора...» (Юшкевич, 1970, с.272). Со слов Юшкевича, «парадоксальная мысль Лейбница оказалась весьма плодотворной, и к ней, в частности, восходит символическое или операционное исчисление, получившее столь широкие применения в решении дифференциальных уравнений» (там же, с.273). Об истории символического исчисления А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич пишут также в книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (1987): «Весьма эффективными в теории линейных дифференциальных уравнений оказались методы так называемого символического исчисления, изучающего операторы, порожденные оператором дифференцирования. Эти методы основаны на том, что операторы отделяются от функций, над ними производятся формальные операции, а затем конечный результат снова применяется к функциям. Символические методы позволяют значительно упростить решение некоторых проблем анализа, сводя их к решению алгебраических задач» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.116). «Истоки символического исчисления, - отмечают Колмогоров и Юшкевич, - мы находим у Лейбница, у которого отчетливо проявилось понимание дифференцирования  $n$ -го порядка как  $n$ -й степени оператора дифференцирования. Знаменитая формула Лейбница, распространенная им и на отрицательные показатели... дает одну из форм связи между показателем степени и порядком дифференцирования. Указанная Лейбницем аналогия привлекла математиков разных времен...» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.117). Аналогичные соображения мы встречаем в книге Н.Бурбаки «Очерки по истории математики» (2007): «...Все более и более убеждаясь в аналогии между умножением чисел и композицией операторов своего исчисления, он смело и очень удачно вводит для записи итерации  $d$  обозначение посредством степеней, т.е. пишет  $d^n$  для  $n$ -й итерации...» (Бурбаки, 2007, с.201).

**30) Аналогия Готфрида Лейбница.** Лейбниц (1695) пришел к идее о существовании дифференциалов дробных порядков по аналогии с наличием дробных показателей степеней. Его дерзкая идея учитывала значительное сходство между формулой многократного дифференцирования произведения двух функций и формулой степени двучлена (формулой бинома Ньютона) («Математика 17 столетия» под ред. А.П.Юшкевича, 1970). Об этом же пишет Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины XIX столетия» (1960): «Он рассматривал интегрирование как дифференцирование с отрицательным индексом и задумывался даже над дифференцированием с дробным индексом. Эти идеи, изложенные им в письмах к Иоганну Бернулли и Лопиталю от 1695 г., остались в свое время неопубликованными. Но Лейбниц действительно подготовил почву для символики разностного исчисления, указав, правда, сначала только для дифференциалов, на аналогию между разложениями  $d^a(xu)$  и  $(x+u)^a$ » (Вилейтнер, 1960, с.206). В другом месте той же книги Г.Вилейтнер вновь возвращается к этому вопросу: «Символические операции над знаком дифференциала (Лагранж, 1772) восходят к Лейбницу, который усмотрел аналогию между структурой высших производных для произведений и разложением бинома (или же полинома)» (там же, с.389).

**31) Аналогия Готфрида Лейбница.** Лейбниц (1677-1684) открыл трансцендентный закон однородности, утверждающий независимость значения частных производных от порядка дифференцирования, по аналогии с алгебраическим принципом однородности, известным Виету и Декарту («Математика 17 столетия» под ред. А.П.Юшкевича, 1970). Примечательно, что анализ бесконечно малых создавался Лейбницем и другими математиками по аналогии с исчислением конечных разностей. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) пишет: «Математики 17 и 18 вв. много внимания уделяли развитию исчисления конечных разностей. В работах П.Ферма и И.Барроу, Г.Лейбница, Дж.Валлиса, И.Ньютона и др. сформировалась эта область математики. Изобретатели анализа бесконечно малых ввели многочисленные аналогии между конечными разностями и дифференциалами, используя их для дальнейшего развития дифференциального исчисления» (Рыбников, 1974, с.222). «Подобное использование аналогий и параллельное развитие дифференциального исчисления и исчисления конечных разностей было характерно для анализа 18 в. Особенное распространение эта черта получила к середине века, что ярко продемонстрировал, например, Эйлер в своем «Дифференциальном исчислении» (1755)» (Рыбников, 1974, с.223). Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины XIX столетия» (1960) отмечает: «Теорема о независимости значения частных производных от порядка дифференцирования была известна еще с 1721 г. Первоначально ее считали аксиомой. Затем ее доказательство, впрочем, недостаточное, дал Эйлер... В «Основаниях дифференциального исчисления» он распространил эту теорему на высшие частные производные» (Вилейтнер, 1960, с.158).

**32) Аналогия Готфрида Лейбница.** Лейбниц (1679) разработал предварительный вариант математического описания формальной логики, основываясь на аналогии между разложением понятий на термины и разложением чисел на простые множители. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) А.П.Юшкевич и А.Н.Колмогоров пишут: «На аналогии между разложением понятий на термины первого порядка и разложением чисел на простые множители Лейбниц основывает арифметическую интерпретацию логики. Известно несколько вариантов такой интерпретации. Один из первых вариантов изложен в его работе «Начала исчисления» (1679). В этой интерпретации каждому термину приписывается характеристическое число. Характеристические числа – натуральные; терминам, соответствующим исходным понятиям (т.е. понятиям из «алфавита») приписываются простые числа» (Колмогоров, Юшкевич, 1978, с.14). «Количественное определение сказуемого, как будет показано, - поясняют Колмогоров и Юшкевич, - дает принципиальную возможность выразить исходные данные (посылки) в

виде равенств. Аналогии с алгеброй подсказывают пути преобразования этих равенств – введение операций, аналогичных операциям алгебры. Эти аналогии, как мы видели, были подмечены давно, а Лейбниц продвинулся далеко вперед в алгебраизации логики. Наиболее полно эти идеи воплотились в трудах представителей нового направления логики в 19 веке» (там же, с.17). Об этой же аналогии Лейбница пишет А.А.Ивин в книге «Логика» (1998): «Г.Лейбниц уподобил процесс логического доказательства вычислительным операциям в математике. Вычисление суммы или разности чисел осуществляется на основе простых правил, принимающих во внимание только форму чисел, а не их смысл. Результат вычисления однозначно предопределяется этими не допускающими разночтения правилами, и его нельзя оспорить. Лейбниц попытался умозаключение преобразовать в вычисление по строгим правилам» (Ивин, 1998, с.160). В.А.Шапошников в статье «Математическая мифология и пангеометризм» (сборник «Стили в математике. Социокультурная философия математики», 1999) приводит воспоминания Лейбница об указанной аналогии: «Но когда я все более сосредоточивал мысль, не давая ей блуждать в тумане трудностей, мне пришла в голову своеобразная аналогия между истинами и пропорциями, которая, осветив ярким светом, все удивительным образом разъяснила. Подобно тому как во всякой пропорции меньшее число включается в большее либо равное в равное, так и во всякой истине предикат присутствует в субъекте; как во всякой пропорции, которая существует между однородными (подобными) количествами (числами), может быть проведен некий анализ равных или совпадающих и меньшее может быть отнято от большего вычитанием из большего части, равной меньшему; и подобным же образом от вычтенного может быть отнят остаток и так далее, беспрерывно вплоть до бесконечности; точно так и в анализе истин на место одного термина всегда подставляется равнозначный ему, так что предикат раздается на те части, которые содержатся в субъекте» (В.А.Шапошников, 1999).

**33) Аналогия Готфрида Лейбница.** Лейбниц (1697) разработал метод дифференцирования по параметру для интегралов определенного вида по аналогии с методом дифференцирования по параметру, который он применял при дифференцировании конечного уравнения однопараметрического семейства кривых (1692). А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) указывает: «Дифференцирование конечного уравнения однопараметрического семейства кривых по параметру применил впервые Лейбниц в задаче об огибающих (1692). В 1697 г. Лейбниц же, занимаясь задачей об ортогональных траекториях, распространил этот прием на интегралы, зависящие от параметра, и письменно сообщил о своем открытии И.Бернулли» (Юшкевич, 1972, с.361).

**34) Аналогия Готфрида Лейбница.** Лейбниц (1703) пришел к идее об использовании в математике двоичной системы счисления по аналогии с исследованиями своих предшественников: Леонардо Пизанского, Лука Пачоли, Джона Непера, Френсиса Бэкона. А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) пишет: «К началу 18 века относится работа Лейбница «Изложение двоичной арифметики, для которой достаточно только двух цифр 0 и 1, с замечаниями о ее пользе и о том, что она дает смысл древним китайским фигурам Фохи» (1703)» (Юшкевич, 1972, с.41). «Такое представление чисел, - детализирует А.П.Юшкевич, - лежало в основе древнеегипетского правила умножения и его же применяли Леонардо Пизанский в «Книге абака» (1202) и Лука Пачоли в «Сумме арифметики» (1494) при решении задачи о минимальном числе гир, необходимом для взвешивания всех грузов, не превосходящих некоторого предела. Двоичная система счета излагалась также Дж.Непером в добавлении к «Рабдологии» (1617), а английский философ Френсис Бэкон (1561-1626) в своей книге «О достоинстве и прогрессе наук» (1623) на основе двоичной системы составил специальный шифр с двумя знаками. Работа и письма Лейбница значительно способствовали популяризации двоичной системы» (там же, с.41). Позже Лейбниц разработал проект вычислительной машины, работающей на основе двоичной системы счисления. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) отмечает: «В период работы над

арифметической машиной Лейбниц продолжает заниматься также двоичной системой счисления. В рукописи на латинском языке, подписанной 15 марта 1679 года, Лейбниц разъясняет, как выполнить вычисления в двоичной системе счисления, в частности умножение, а позже разрабатывает в общих чертах проект вычислительной машины, работающей в двоичной системе счисления» (Частиков, 2002, с.28).

**35) Аналогия Исаака Ньютона.** Биномиальная формула Ньютона (1664-1665) для целых и положительных показателей степени была открыта по аналогии с биномиальной формулой Валлиса для дробных и отрицательных показателей степени. Д.Пойа пишет о том, как Ньютон открыл указанную биномиальную формулу: «...Он опирался на примеры и аналогию. Мы могли бы сказать, что он исследовал этот вопрос как физик, «экспериментально» и «индуктивно» (Д.Пойа, «Математическое открытие», 1976). Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) подчеркивает: «К теореме о биноме Ньютона привели предложенный Декартом сокращенный способ обозначения степеней с помощью показателей и распространение его на дробные показатели, принадлежавшее самому Ньютону, а также «интерполяционный» метод Валлиса» (Вилейтнер, 1966, с.128).

**36) Аналогия Исаака Ньютона.** Исаак Ньютон (1666-1669) изобрел дифференциальное и интегральное исчисление по аналогии с работами Валлиса, Грегори и Барроу, которые занимались исследованием бесконечных математических рядов, а также по аналогии с работами Пьера Ферма, в частности, с его методом проведения касательных к кривым (Д.Я.Стройк, «Краткий очерк истории математики», 1984). Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) пишет: «Открытия Барроу заключали цепь предварительных работ, предшествовавших открытию исчисления бесконечно малых. Содержавшееся в его работах возобновление и развитие механических идей Галилея и Торричелли, его сопоставление взаимно обратных инфинитезимальных задач, несомненно, оказали столь же направляющее влияние на Ньютона, как метод неделимых Кавальери и вычисления с бесконечно малыми величинами Паскаля на Лейбница» (Вилейтнер, 1966, с.125). В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) указывает: «В 1934 г. было опубликовано письмо Ньютона, из которого следует, что мысли о дифференциальном исчислении у него возникли при рассмотрении способа проведения касательных, описанного Ферма» (Панов, 2006, с.136). Интегрирование встречается уже у Архимеда, дифференцирование – у Паскаля и Ферма, связь между обеими операциями была известна учителю Ньютона Барроу. Историк математики А.П.Юшкевич пишет, что отправным пунктом метода квадратур (метода интегрирования) Ньютона послужили квадратуры кривых Валлиса и Г.ван Хейрата (С.И.Вавилов, «Исаак Ньютон», 1989). Ньютон открыл правила нахождения производной дробей и радикалов по аналогии с правилами нахождения производной многочленов (Ф.А.Медведев, «Развитие понятия интеграла», 1974).

**37) Аналогия Исаака Ньютона.** Идея о применении к кривым высших порядков понятия диаметра, оси, вершины, центра, асимптоты возникла у Ньютона по аналогии с использованием этих понятий в теории конических сечений Аполлония (С.И.Вавилов, «Исаак Ньютон», 1989). Таким образом, Ньютон построил теорию кривых высших порядков по аналогии с теорией конических сечений Аполлония. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) отмечает: «Ньютон отказался от декартовой классификации кривых по их рядам. Он увидел, что классификация по степеням уравнений кривых лучше приспособлена для нужд аналитического аппарата новой геометрии. Порядок кривых в новой классификации получил геометрическую трактовку в виде возможного числа точек их пересечения с прямой. Затем Ньютон перенес на кривые третьего порядка ряд понятий и теорем, доказанных для конических сечений, соответственно видоизменив их» (Рыбников, 1974, с.261). Об этом же пишет также А.П.Юшкевич в книге «Математика 17 столетия» (1970): «Он полностью овладел аналитико-геометрическим методом, научился производить

сложные преобразования косоугольных координат и уверенно распространил на высшие кривые все необходимые ему понятия теории конических сечений, дополнив их рядом новых идей и создав соответствующую терминологию...» (Юшкевич, 1970, с.114). Наконец, этот факт не ускользнул от внимания и Г.Вилейтнера, который в книге «История математики от Декарта до середины XIX столетия» (1960) отмечает: «Лежащая в основе исследования Ньютона идея была совершенно ясной. Установив, что линии лучше всего подразделять по порядкам, соответствующим степеням их уравнений, причем Ньютон отметил, что порядок равен возможному числу точек пересечения кривой и прямой, - он обобщил теоремы о конических сечениях на кривые третьего порядка» (Вилейтнер, 1960, с.264).

**38) Аналогия Исаака Ньютона.** Метод неопределенных коэффициентов, оказавшийся эффективным при вычислении бесконечных степенных рядов, был разработан Ньютоном и Лейбницем по аналогии с эквивалентным методом Р.Декарта, которым он широко пользовался при построении нормалей к плоским кривым (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966).

**39) Аналогия Исаака Ньютона.** И.Ньютон нашел некоторые условия сходимости бесконечных степенных рядов, изображающих различные функции, по аналогии с условиями сходимости бесконечных геометрических прогрессий (Н.Бурбаки, «Очерки по истории математики», 1963).

**40) Аналогия Исаака Ньютона.** И.Ньютон разработал метод параллелограмма (многоугольника), позволяющий разлагать неявные функции по дробным степеням независимой переменной, то есть изучать поведение многозначных функций, по аналогии с операциями над десятичными дробями. Н.Г.Чеботарев в очерке «Многоугольник Ньютона» и его роль в современном развитии математики» (книга «Исаак Ньютон», АН СССР, 1943) пишет о возникновении метода параллелограмма: «Ньютон пришел к идее метода из аналогии с десятичными дробями, как это видно из приводимого ниже отрывка из главы «О решении уравнений с помощью бесконечных рядов» цитированного сочинения [37], в который помещен и метод многоугольника. Эта глава посвящена технике арифметических операций над степенными рядами по аналогии с операциями над бесконечными десятичными дробями. Сам Ньютон говорит об этой аналогии следующее: «Действия, производимые над буквами, и действия над обыкновенными числами крайне сходны между собой и представляются различными только по тем характеристикам, которыми они выражаются, причем в первом случае характеристики неопределенные и общие, во втором же они определенные и частные» (Чеботарев, 1943, с.57).

**41) Аналогия Иоганна Бернулли.** Иоганн Бернулли (1704) открыл дифференциал мнимого логарифма по аналогии с дифференциалом действительного логарифма. Поскольку применение вещественной подстановки к определенному дифференциалу преобразует его в логарифмический дифференциал, рассуждал Бернулли, то по аналогии применение мнимой подстановки к тому же дифференциалу дает дифференциал мнимого логарифма (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**42) Аналогия Иоганна Бернулли.** Иоганн Бернулли (1698) ввел в теорию геодезических линий понятие соприкасающейся плоскости пространственной кривой по аналогии с соприкасающимся кругом плоской кривой. В книге «Математика 18 столетия» (1972) А.П.Юшкевич пишет: «Еще до выхода «Исследований» Клеро ряд важных понятий дифференциальной геометрии пространственных кривых был введен в связи с изучением геодезических линий, т.е. кратчайших кривых данной поверхности между какими-либо двумя ее точками (на плоскости геодезическими линиями являются прямые, на сфере – большие

круги). Именно при изучении поставленной им в 1697 г. проблемы геодезических линий И.Бернулли в письме к Лейбницу от 26 августа 1698 г. ввел понятие соприкасающейся плоскости пространственной кривой по аналогии с соприкасающимся кругом плоской кривой...» (Юшкевич, 1972, с.188).

**43) Аналогия Николая Бернулли.** Николай Бернулли (1687-1759) открыл формулу вычисления математического ожидания случайного события в теории вероятностей (1709) по аналогии с правилом вычисления координат центра тяжести системы материальных точек. Это правило установил Якоб Бернулли (1654-1705). Н.Бернулли пишет: «Еще более заслуживает быть отмеченным особое и исключительное совпадение, наблюдающееся между этим правилом и тем, которое рекомендуется для нахождения центра тяжести нескольких грузов...» (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**44) Аналогия Брука Тейлора.** Выдающийся математик 18 века Б.Тейлор (1712, 1715) открыл метод разложения аналитической функции в бесконечный степенной ряд по аналогии с методом разложения в бесконечный ряд биномиальной формулы Ньютона. Другими словами, Тейлор открыл теорему, носящую его имя, в теории дифференциалов по аналогии с формулой бинома Ньютона в теории конечных разностей. К.А.Рыбников в книге «История математики» (1974) подчеркивает: «Основным аппаратом дифференциального исчисления явилось разложение функций в степенные ряды. Сравнительно богатый арсенал средств, накопленный предшественниками, в самом начале века, обогатился теоремой Тейлора. Последний нашел ее, как мы показали выше, используя аналогию с исчислением конечных разностей, экстраполируя на исчисление дифференциалов интерполяционную формулу Ньютона. В 1712 г. Тейлор уже сообщил свою теорему в одном письме» (Рыбников, 1974, с.223). Об этом же пишет А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972): «Здесь мы остановимся на результате, более всего прославившем имя Тейлора, - общей теореме о разложении функции в степенной ряд, к которой он пришел в связи с задачей о приближенной квадратуре кривых. Отправным пунктом вывода Тейлора явилась формула Ньютона, выражающая приращение функции...» (Юшкевич, 1972, с.224). «Идея Тейлора, - замечает А.П.Юшкевич, - состояла в переходе от интерполяционной формулы Ньютона, выведенной для конечного приращения  $h = n\Delta x$ , к ряду, возникающему, когда  $n$  становится бесконечно большим, а  $\Delta x$  соответственно бесконечно малым» (там же, с.225). Об этом же говорит Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966): «...В «Методы приращений» Тейлор дал вывод, опирающийся на метод разностей и одновременно заключающий в себе лучшее представление интерполяционной формулы Ньютона. Тейлор в своей книге преследовал цель обосновать правила исчисления флюксий (в области алгебраических функций) с помощью конечных разностей, которые, как позднее у Эйлера, полагались в заключительном уравнении равными нулю. На этой недостаточной основе Тейлор и развил свой ряд, формально примыкая к интерполяционной формуле, данной Ньютоном в «Началах» (Вилейтнер, 1966, с.149).

**45) Аналогия Абрахама Муавра.** Выдающийся математик А.Муавр открыл формулу извлечения корней из комплексных чисел по аналогии с формулой извлечения корней из вещественных чисел («Математика 18 столетия» под ред. А.П.Юшкевича, 1972). Об этом же пишет Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966).

**46) Аналогия Абрахама Муавра.** А.Муавр (1707) открыл формулу, которая дает общее решение задачи об извлечении корня  $n$ -й степени из данного числа, получив «формулу Муавра», опираясь на аналогию между уравнением окружности и уравнением равнобедренной гиперболы. Мы не будем приводить сложные математические формулы,

имеющиеся в книге А.П.Юшкевича «Математика 18 столетия» (1972), а просто приведем выдержку из этой книги, которая не оставляет сомнений в существенной роли аналогии в открытии Муавра. «К уравнению (1), - пишет А.П.Юшкевич о Муавре, - он пришел, решая задачу о делении на  $n$  равных частей сектора равносторонней гиперболы, ограниченного двумя радиус-векторами, проведенными из центра в вершину и еще какую-либо точку кривой, и ее дугой между этими двумя точками. Найдя средствами метода флюксий и бесконечных рядов уравнение (1) и его решение (3), Муавр заметил чрезвычайное сходство между уравнениями (1) и (2), которое выражает задачу о делении на  $n$  равных частей угла или, что сводится к тому же, кругового сектора. Это обстоятельство и аналогия между уравнениями окружности  $x^2 + y^2 = 1$  и равносторонней гиперболы  $x^2 - y^2 = 1$ , отличающимися только знаком, навело его на мысль, что решение уравнения (2), т.е. (4), можно получить посредством перемены в соответствующей части вычислений некоторых знаков» (Юшкевич, 1972, с.59). Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) отмечает: «Муавр знал, согласно Виету, что неприводимый случай формулы Кардано можно обойти, отождествив уравнение третьей степени с формулой синуса трехкратного угла. Отсюда следовало, что сумма двух определенного вида кубических корней из комплексных чисел дает действительное число. Чтобы распространить этот результат на корни  $n$ -й степени, Муавр исходил из формулы синуса  $n$ -кратного угла, которую для целого нечетного  $n$  выразил Ньютон в 1676 г. в одном письме к Лейбницу...» (Вилейтнер, 1966, с.46).

**47) Аналогия Колина Макларена.** К.Макларен вывел биномиальное разложение для любого целого многочлена по аналогии с биномиальным разложением для многочленов с целыми положительными показателями степени. А.П.Юшкевич в книге «Математика XVIII столетия» (1972) пишет: «Биномиальное разложение Макларен вывел по методу неопределенных коэффициентов еще до общей формулы, предполагая известным правило дифференцирования степенной функции с целым положительным показателем, этот результат он тотчас распространил на любой (в том числе бесконечный) целый многочлен, сославшись на Муавра, который сообщил эту теорему (с выводом для случая натуральных показателей)...» (Юшкевич, 1972, с.296-297).

**48) Аналогия Джемса Стирлинга.** Д.Стирлинг открыл рекуррентные последовательности для разностных уравнений с переменными коэффициентами по аналогии с рекуррентными рядами Муавра для разностных уравнений с постоянными коэффициентами. А.П.Юшкевич в книге «Математика XVIII столетия» (1972) пишет о математическом сочинении Стирлинга «Ньютонов метод разностей»: «Во второй части «Метода разностей», озаглавленной «Об интерполировании рядов», Стирлинг, как он сам указывает, распространил идеи теории рекуррентных рядов Муавра на другие ряды, члены которых следуют какому-либо «регулярному закону» (Юшкевича, 1972, с.228).

**49) Аналогия Габриэля Крамера.** Один из создателей линейной алгебры Г.Крамер (1750) получил важные результаты в теории алгебраических кривых, когда по аналогии перенес в нее метод параллелограмма Ньютона. А.П.Юшкевич в книге «Математика XVIII столетия» (1972) подчеркивает: «Алгебраические кривые Крамер исследовал алгебраическими же средствами. Используя метод параллелограмма Ньютона, при изучении особых точек он избег ошибки Гюа де Мальва в вопросе о точках возврата второго рода, учитывая более чем один первый член разложения в бесконечный ряд; упомянем, что об этой ошибке Эйлер писал Крамеру еще 15 декабря 1744 г.» (Юшкевич, 1972, с.171).



«Огромная продуктивность Эйлера была и остается поводом для изумления и восхищения каждого, кто пытался изучать его труды, - задача не столь трудная, как это кажется, так как латынь Эйлера очень проста и его обозначения почти современны, - пожалуй, было бы лучше сказать, что наши обозначения почти Эйлеровы! Можно составить длинный список известных открытий, приоритет в которых принадлежит Эйлеру...».

Д.Я.Стройк

**50) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер (1747, 1751) получил ряд важных результатов в теории логарифмов, когда по аналогии распространил понятие логарифма на область мнимых (комплексных) чисел. В книге «Математика 18 столетия» (редактор А.П.Юшкевич, 1972) указывается: «...Эйлер подтвердил принципиальную правоту Лейбница, доказав, что логарифмы отрицательных чисел мнимы, но при этом он впервые установил точную математическую форму этой мнимости, а заодно показал, что понятие логарифма распространяется на любые комплексные числа (кроме нуля). Оказалось, что логарифм всякого отличного от нуля числа имеет бесконечно много комплексных значений, причем для положительных чисел одно из этих значений действительное, логарифмы же остальных чисел действительных значений вовсе не имеют. Теория логарифмов Эйлера произвела сильное впечатление на современников, хотя не все смогли оценить ее по достоинству» («Математика 18 столетия», 1972, с.328). Знаменитые формулы, связывающие показательные и тригонометрические функции и позволяющие дать правильное определение логарифмов комплексных чисел, были установлены Л.Эйлером на основе аналогии между логарифмами и обратными круговыми функциями, или, выражаясь на языке 17 века, между квадратурами круга и гиперболы. Эта аналогия была подмечена еще Х.Гюйгенсом и Григори. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) пишет: «...Нельзя не упомянуть о распространении Эйлером показательной функции на комплексную область, что дало ему возможность вывести свои знаменитые формулы, связывающие показательную и тригонометрические функции, а также дать определение логарифмов комплексных чисел. Этим окончательно выясняется известная аналогия между логарифмом и обратными круговыми функциями, или, на языке 17 века, между квадратурами круга и гиперболы. Эта аналогия была замечена уже Григорием де Сент-Винцентом, затем уточнена Гюйгенсом и особенно Дж. Григори...» (Бурбаки, 2007, с.206).

**51) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер (1755) разработал алгоритмы дифференцирования и интегрирования функций комплексного переменного по аналогии со способами дифференцирования и интегрирования функций вещественного (действительного) переменного. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) указывает: «Решающим толчком введению мнимых чисел в математический анализ был дан тогда, когда выяснилась их полезность в решении дифференциальных уравнений математической физики. Это проявилось в сочинениях Даламбера (1752) и Эйлера (1755) по гидродинамике» (Рыбников, 1974, с.370). «Что касается дифференцирования и интегрирования функций комплексного переменного, - поясняет Рыбников, - то Эйлер... действовал с ними, как с парами функций вещественного переменного» (там же, с.372).

**52) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер нашел правила определения экстремумов функций двух переменных по аналогии с правилами вычисления экстремумов функций одной переменной, которые были даны Маклореном (К.А.Рыбников, «История математики», 1960). Такую же аналогию проводил Луи Лагранж, который по аналогии перенес теоремы Маклорена, касающиеся функций одной переменной, в область функций любого числа

переменных. Г. Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины XIX столетия» (1960) указывает: «В «Теории аналитических функций» (1797) Лагранж распространил теоремы Маклорена на функции любого числа переменных. Для исследования условных экстремумов он там же применил называемый по его имени метод неопределенных множителей» (Вилейтнер, 1960, с.159).

**53) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л. Эйлер открыл формулу суммы бесконечного ряда чисел, обратных квадратам, воспользовавшись аналогией и экстраполировав на неалгебраические уравнения правила, верные для алгебраических уравнений. Историк математики Д. Пойа в книге «Математика и правдоподобные рассуждения» (1975) пишет: «Решающий шаг Эйлера был дерзким. С точки зрения строгой логики он был явной ошибкой: Эйлер применил правило к такому случаю, для которого правило не было установлено; правило, относящееся к алгебраическим уравнениям, он применил к уравнениям неалгебраическим. С точки зрения строгой логики, шаг Эйлера не был оправдан. Однако он был оправдан аналогией, аналогией с наиболее плодотворными достижениями растущей науки, которую через несколько лет он сам назвал «Анализом бесконечного» (Пойа, 1975, с.43). С.Г. Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) указывает: «Эйлер смотрит на бесконечные ряды как на многочлены бесконечной степени и по аналогии формулирует для них правило разложения в бесконечное произведение линейных множителей» (Гиндикин, 2006, с.244). Другими словами, Л. Эйлер открыл метод суммирования бесконечных степенных рядов по аналогии с методами суммирования конечных рядов, например, геометрических прогрессий. К.Л. Рыбников в книге «История математики» (1974) подчеркивает: «Оперирование с рядами вне области их сходимости приводило к парадоксальным результатам. Однако Эйлер нашел способы получать важные результаты анализа именно с помощью расходящихся рядов. Вообще Эйлер нередко оперировал с расходящимися рядами, видя для этого основания в индуктивном распространении на бесконечные ряды операций, применимых к полиномиальным функциям. Оправданием законности оперирования с расходящимися рядами для Эйлера было получение правильных результатов» (Рыбников, 1974, с.224). Эту же мысль можно встретить в книге «Математика 17 столетия» (1970), где А.П. Юшкевич пишет: «Но когда переходили к операциям над буквенными рядами, то на них, как правило, не задумываясь, переносили приемы действий над конечными алгебраическими многочленами. Поскольку фактически оперировали функциями, аналитическими внутри соответствующего промежутка, такое оперирование бесконечными степенными рядами обыкновенно не приводило к ошибкам» (Юшкевич, 1970, с.165).

**54) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л. Эйлер (1755) построил теорию дифференциального исчисления и теорию вариационного исчисления в значительной степени благодаря тому, что по аналогии перенес в эти теории идеи и методы исчисления конечных разностей. Об этой аналогии Л. Эйлера пишут многие историки науки. В книге «Математика 18 столетия» (редактор – А.П. Юшкевич, 1972) отмечается: «...Исчисление конечных разностей Эйлер существенно использовал при разработке методов приближенного интегрирования дифференциальных уравнений и создании основ вариационного исчисления. Более того, само дифференциальное исчисление он пытался построить, отправляясь от исчисления конечных разностей. Первые две главы «Дифференциального исчисления» (1755) Эйлера отчетливо выявляют это его стремление: они целиком посвящены теории конечных разностей» («Математика 18 столетия», 1972, с.231). «...Весьма сложные вопросы существования и единственности решения задачи с начальными данными для дифференциальных уравнений, - указывается в той же книге, - при их постановке для разностных уравнений решаются крайне просто. Этим в значительной мере объясняется, что теория уравнений в конечных разностях возникла и развивалась одновременно с теорией дифференциальных уравнений» (там же, с.234). «Методы решения разностных

уравнений в значительной степени аналогичны методам теории дифференциальных уравнений. Особенно отчетливо это проявилось в области линейных разностных уравнений с постоянными коэффициентами и решении некоторых линейных уравнений с переменными коэффициентами» (там же, с.234). К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) констатирует: «Математики 17 и 18 веков много внимания уделяли развитию исчисления конечных разностей. В работах П.Ферма, И.Барроу, Г.Лейбница, Дж.Валлиса, И.Ньютона и др. сформировалась эта область математики. Изобретатели анализа бесконечно малых ввели многочисленные аналогии между конечными разностями и дифференциалами, используя их для дальнейшего развития дифференциального исчисления» (Рыбников, 1974, с.222). «Подобное использование аналогий и параллельное развитие дифференциального исчисления и исчисления конечных разностей, - пишет Рыбников, - было характерно для анализа 18 века. Особенное распространение эта черта получила к середине века, что ярко продемонстрировал, например, Эйлер в своем «Дифференциальном исчислении» (1755)» (там же, с.223).

**55) Аналогия Леонарда Эйлера.** Эйлер решил задачу о разбиении чисел в теории комбинаторики по аналогии с методом производящих функций, взятым из теории степенных рядов. Он увидел сходство между комбинаторными объектами и коэффициентами разложения функций, которые показывают число различных способов представления данного числа в виде суммы натуральных чисел без учета их порядка при сложении. До Эйлера эту аналогию отмечали Лейбниц, Монмор, Муавр и Симпсон. Как указывает Рыбников, «самое раннее появление этого метода отмечается около 1676 г. в сочинениях Лейбница, где было замечено, что коэффициенты разложения степени совпадают с числами сочетаний с повторениями. Аналогичное утверждение находится во втором издании книги Монмора «Обзор анализа азартных игр» (1713)» (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**56) Аналогия Леонарда Эйлера.** Алгоритм нахождения коэффициентов для разностей высшего порядка, открытый Эйлером в исчислении конечных разностей, был по аналогии подсказан ему алгоритмом нахождения степеней бинома. «Коэффициенты в этих формулах, - писал Эйлер, - подчинены тому же закону, который наблюдается у степеней бинома» («Математика 18 столетия», редактор – А.П.Юшкевич, 1972, с.231). Существенную роль играла также индукция, поскольку сначала Эйлер определил коэффициенты для разностей первого, второго, третьего, четвертого и пятого порядков, и только потом перенес полученные результаты на разности более высоких порядков.

**57) Аналогия Леонарда Эйлера.** Л.Эйлер (1738) нашел метод выражения эллиптических интегралов с помощью дуг конических сечений по аналогии с методом выражения круговых интегралов с помощью эквивалентных дуг. Кроме того, Эйлер разложил длину дуги эллипса в быстро сходящийся ряд по аналогии с разложением других кривых в такой же ряд. Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) пишет об Эйлере: «Он предложил включить в анализ дуги конических сечений на правах новых трансцендентных, подобно дугам окружностей. Эта мысль весьма близко подводила к открытию эллиптических функций, как и теорема сложения, сходство которой с соответствующей теоремой для круговых функций не ускользнуло ни от Эйлера, ни от Лагранжа» (Вилейтнер, 1966, с.174). В другом месте той же книги Г.Вилейтнер отмечает: «В самом деле, Эйлер не только открыл теорему сложения эллиптических интегралов, но и высказал ее уже в общем виде, приближающемся к теореме Абеля» (там же, с.427). Необходимо отметить, что существенную роль в открытии теоремы сложения эллиптических интегралов сыграла открытая итальянским математиком Джулио Фаньяно (Фагнано) формула удвоения дуги лемнискаты. Эта формула оказалась индуктивной подсказкой для Эйлера. Д.Стилвелл в книге «Математика и ее история» (2004) подчеркивает: «Формула удвоения Фагнано оставалась малоизвестной редкостью, пока 23 декабря 1751 года Эйлер не получил

экземпляр трудов Фагнано; эту дату Якоби позже охарактеризовал как «день рождения эллиптических функций». Эйлер первым увидел, что прием с подстановкой Фагнано был не просто любопытной счастливой случайностью, а открытием поведения эллиптических интегралов. При помощи своего превосходного умения манипулировать Эйлер быстро сумел распространить его на весьма общие теоремы сложения» (Стилвелл, 2004, с.221).

**58) Аналогия Алексиса Клеро.** Клеро (1731) разработал основы дифференциальной геометрии трех измерений по аналогии с дифференциальной геометрией двух измерений. Другими словами, Клеро использовал в аналитической геометрии пространственные координаты подобно тому, как в той же геометрии ранее использовались координаты на плоскости. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) подчеркивает: «Систематическое использование пространственных координат в аналитической геометрии было начато в 1731 г. в книге Клеро «Исследования о кривых двойкой кривизны». Так назывались пространственные кривые. Каждую точку последних Клеро проектировал ортогонально на две взаимно перпендикулярные координатные плоскости» (Рыбников, 1974, с.263). В другом месте своей книги Рыбников пишет о том же: «Следующий этап развития дифференциальной геометрии связан с введением методов изучения пространственных кривых и поверхностей. Необходимой предпосылкой для этого является, очевидно, распространение средств аналитической геометрии на трехмерные задачи. Как было указано выше, это было осуществлено впервые в 1731 г. в книге Клеро «Исследования о кривых двойкой кривизны» (там же, с.268). Со слов Рыбникова, «перенесение методов двумерной дифференциальной геометрии на трехмерный случай, осуществленное Клеро, в течение почти пятидесяти лет не было превзойдено никем» (там же, с.269).



«Лагранж был столько же философ, сколько математик. Он доказал это своей жизнью, умеренностью желаний земных благ, глубокой преданностью общим интересам человечества, благородной простотой своих привычек, возвышенностью души и глубокой справедливостью в оценке трудов своих современников».

Ж.Б.Фурье

**59) Аналогия Луи Лагранжа.** Луи Лагранж (1755) изобрел аналитический метод вычисления вариации интеграла посредством интегрирования по частям, когда по аналогии распространил на вариации функции правила дифференциального исчисления. Между вариациями и приращением функционала в вариационном исчислении, с одной стороны, и дифференциалом независимой переменной и дифференциалом функции в дифференциальном уравнении, с другой стороны, существует аналогия. Когда Лагранж обнаружил ее, он применил в вариационном исчислении алгоритмы, аналогичные алгоритмам дифференциального исчисления, и доказал перестановочность символов, соответствующих вариационным и дифференциальным приращениям. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) пишет о ситуации, возникшей в математике благодаря исследованиям Лагранжа: «Положение начало изменяться с 1755 г., когда совсем еще юный преподаватель математики артиллерийской школы в г.Турине Лагранж сообщил Эйлеру об изобретенном им общем аналитическом методе вычисления вариации интеграла посредством интегрирования по частям. Этот метод основывался на введении вариации функции и на распространении на вариации правил дифференциального исчисления» (Рыбников, 1974, с.254). Рыбников объясняет суть аналогии, раскрытой Лагранжем: «Между вариациями  $\delta y(x)$ ,  $\delta z(x)$  и приращением функционала в вариационном

исчислении, с одной стороны, и дифференциалом независимой переменной  $dx$  и дифференциалом функции  $dx y = f(x)$  в дифференциальном исчислении, с другой стороны, существует аналогия. Эту аналогию и обнаружил Лагранж. Она позволила ему применить в вариационном исчислении алгоритмы, аналогичные алгоритмам дифференциального исчисления и доказать перестановочность символов  $d$  и  $b...$ » (там же, с.254). К открытию данной аналогии был очень близок сам Эйлер. Со слов Рыбникова, «Эйлер, который был буквально на пороге подобного открытия, с энтузиазмом встретил сообщение молодого математика» (там же, с.255). Об этом же пишет Э.Мах в книге «Познание и заблуждение» (2003): «Высокая степень абстракции, усвоенная Лагранжем, дает ему возможность усмотреть аналогию между малыми изменениями через приращения независимых переменных с одной стороны, и малыми изменениями через изменения формы функции – с другой. Так зарождается удивительное творение – вариационное исчисление» (Мах, 2003, с.230).

**60) Аналогия Луи Лагранжа.** Лагранж (1759) нашел решение линейного уравнения первого порядка с переменными коэффициентами в теории конечных разностей по аналогии с решением похожих линейных дифференциальных уравнений первого порядка. В общем случае можно сказать, что теория уравнений в конечных разностях была построена Лагранжем и Лапласом по аналогии с теорией дифференциальных уравнений. Как указывает А.А.Юшкевич, «...Результаты по уравнениям в конечных разностях следовали, как правило, за аналогичными результатами, полученными для дифференциальных уравнений» (А.П.Юшкевич, «История математики», 1970).

**61) Аналогия Луи Лагранжа.** Лагранж вывел символические формулы для конечных разностей, отправляясь от аналогии между дифференциалами  $n$ -го порядка от произведения двух и большего числа переменных и степенью бинома или полинома (многочлена) стольких же переменных. Е.П.Ожигова в статье «Об истоках символических и комбинаторных методов в конце XVIII – начале XIX вв.», представленной в сборнике «Историко-математические исследования» (1979, выпуск XXIV), пишет: «В начале Лагранж приводит замечания Лейбница об аналогии между дифференциалами  $n$ -го порядка от произведения двух и большего числа переменных и степенью бинома или полинома стольких же переменных. Лейбниц указал, что подобная аналогия наблюдается также и между интегралами и отрицательными степенями биномов или полиномов. Эта аналогия и привлекла внимание Лагранжа. Принцип ее оставался неясным, но применение давало полезные результаты. Отправляясь от упомянутой аналогии, Лагранж вывел символические формулы для конечных разностей...» (Ожигова, 1979, с.125).

**62) Аналогия Адриена Лежандра.** Математик А.Лежандр (1786) открыл необходимые условия существования экстремума в вариационном исчислении по аналогии с необходимыми и достаточными условиями существования экстремума в дифференциальном исчислении. Критерии, сообщающие максимум или минимум заданной функции в теории дифференциалов, подсказали Лежандру критерии, сообщающие максимум или минимум заданному интегралу в теории вариаций. Но условия Лежандра не являются достаточными. А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) отмечает: «В 1786 г. А.М.Лежандр в упомянутом выше «Мемуаре о способе различения максимумов и минимумов в вариационном исчислении» нашел критерий, позволяющий установить, дает ли кривая, удовлетворяющая уравнению Эйлера, экстремум рассматриваемому интегралу и различить, имеют место максимум или минимум. Лежандр использовал аналогию с дифференциальным исчислением» (Юшкевич, 1972, с.469). «Критерий Лежандра, полученный по аналогии с достаточными условиями существования экстремума в дифференциальном исчислении, - поясняет А.П.Юшкевич, - не обеспечивал экстремума в вариационных задачах. Необходимы

были более сильные методы, не имеющие аналогов в дифференциальном исчислении» (там же, с.471).

**63) Аналогия Адриена Лежандра.** А.Лежандр (1786) открыл способ разложения эллиптических интегралов в бесконечные степенные ряды по аналогии со способом разложения круговых (шаровых) интегралов в бесконечные степенные ряды. Его смелый шаг диктовался сходством теоремы сложения эллиптических интегралов и теоремы сложения круговых функций. Историк математики Г.Вилейтнер отмечает: «Мысль о введении эллиптических дуг в вычисления наподобие дуг окружности была подхвачена Лежандром, и для более легкого вычисления этих дуг он дал их разложение в ряды» (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966).

**64) Аналогия Пьера Лапласа.** П.Лаплас (1782) усовершенствовал математический аппарат теории фигуры планет, когда по аналогии перенес в эту теорию полиномы Лежандра (специальные функции, коэффициенты которых являются многочленами). А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) отмечает: «...Лежандр утверждает, что результаты этих работ были получены им до 1782 г. и что они подсказали Лапласу идеи, которые изложены в его «Теории притяжения сфероидов и фигуры планет», обобщившей результаты Лежандра. На приоритет Лежандра в открытии получивших его имя полиномов указывает ряд математиков и историков математики, основывающихся на упомянутом выше утверждении самого Лежандра и на анализе соответствующих работ Лежандра и Лапласа» (Юшкевич, 1972, с.446). Об этом же пишет Б.Н.Воронцов-Вельяминов в книге «Лаплас» (1985): «Лежандр, известный математик той эпохи, жалуется, что Лаплас пользуется его исследованиями, не упоминая о них. В работе, представленной в Академию в 1784 году, но напечатанной в ее трудах тремя годами позднее, Лежандр вводит математическое понятие о так называемых полиномах, носящих с тех пор его имя. Он доказывает, что если некоторая однородная жидкая масса, принимаемая за фигуру вращения, равномерно вращается вокруг оси, то эта фигура, в случае равновесия, должна быть непременно эллипсоидальной. Вслед за этим Лаплас в сочинениях 1782 года (напечатанных в 1785 г.) доказал, что теорема эта остается верной и в том случае, если допустить для жидкой массы любую фигуру, достаточно близкую к шару» (Воронцов-Вельяминов, 1985, с.44).

**65) Аналогия Гаспара Монжа.** Г.Монж построил теорию квадрик в результате того, что по аналогии перенес в эту теорию методы теории полюсов и поляр конических сечений, развитой Аполлонием, Дезаргом и Ла-Гиром. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) констатирует: «Теория полюсов и поляр конических сечений, которая со времени Аполлония была лишь отчасти развита в трудах Дезарга и Ла-Гира, применяется Монжем и к квадрикам. Монж, а также его ученики с помощью этого средства приобретают возможность преобразовывать известные теоремы в новые результаты» (Бурбаки, 2007, с.130).

**66) Аналогия Иоганна Ламберта и Франца Тауринуса.** И.Ламберт и Ф.Тауринус построили предварительный вариант неевклидовой геометрии гиперболического типа по аналогии с геометрией сферы. А.С.Нинул в книге «Тензорная тригонометрия» (Москва, «Мир», 2004) пишет: «Как известно, [21, 24], исторически изначально Ламберт и Тауринус сделали первые шаги в направлении создания неевклидовой геометрии гиперболического типа, выдвинув ее аналогию с геометрией сферы. Они же определили таковую как геометрию на сфере мнимого радиуса. Впоследствии благодаря исследованиям Клейна [25] стало ясно, что этот ранее гипотетический геометрический объект есть гиперболоид II Минковского» (Нинул, 2004, с.281). В другом месте той же книги А.С.Нинул вновь отмечает аналогию, которую использовал Ф.Тауринус при подготовке наброска неевклидовой геометрии: «Тауринус предложил аналитическую модель такой геометрии на

гипотетической сфере мнимого радиуса по аналогии с геометрией вещественной сферы» (там же, с.176). Позже эту аналогию будет использовать Н.Лобачевский.



«Лишь позднейшие поколения могли решить вопрос о научном богатстве, которым владел Гаусс, и они обнаружили такие сокровища, которые далеко превосходили всякие ожидания. Чем больше мы постепенно вникаем в наследие Гаусса, тем больше растет наше изумление перед этим необычайным гением, перед которым, в конечном счете, падали все затруднения и преграды».

Феликс Клейн

**67) Аналогия Карла Гаусса.** К.Гаусс создал математическую теорию сравнения чисел по их модулю, руководствуясь аналогией с теорией алгебраических уравнений. И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) констатируют: «...Гаусс доказывает, что со сравнениями по некоторому модулю можно оперировать по тем же правилам, как с уравнениями, их можно складывать, перемножать, умножать на число и делить на число, взаимно простое с модулем. Отношение сравнения симметрично, рефлексивно и транзитивно, поэтому оно разбивает все целые числа на непересекающиеся классы сравнимых между собой чисел, которые называются классами вычетов по модулю  $C$ . Каждому такому классу можно сопоставить некоторый его представитель – например, наименьшее положительное число этого класса (Гаусс называет его наименьшим вычетом)» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.82). А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) указывает: «Теорию сравнений Гаусс развивает по аналогии с теорией алгебраических уравнений...» (Юшкевич, 1972, с.123). Сущность данной теории сравнений можно объяснить следующим образом: «Легко проверить, - говорит Юшкевич, - что отношение сравнения обладает всеми свойствами отношения равенства: рефлексивностью, симметричностью и транзитивностью. Поэтому оно разбивает множество целых чисел на непересекающиеся классы сравнимых между собой чисел, которые называются классами вычетов по модулю  $p$ » (там же, с.123). Со слов Юшкевича, «сравнения уже применялись, по существу, в работах Эйлера, Лагранжа и Лежандра. Накопленные сведения были преобразованы Гауссом в стройную теорию, которая играет в высшей арифметике такую же роль, как теория уравнений в алгебре» (там же, с.123). Об этой же аналогии пишет Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007), имея в виду обстоятельства появления исчисления сравнений: «Это последнее появилось на свет во второй половине 18 века у Эйлера, Лагранжа, Лежандра и Гаусса. При этом была замечена аналогия его с теорией алгебраических уравнений» (Бурбаки, 2007, с.102).

**68) Аналогия Карла Гаусса.** Карл Гаусс (1801) открыл закон взаимности кубичных и тетраэдричных вычетов по аналогии с законом Эйлера и Лежандра для взаимности квадратичных вычетов. Эйлер подметил закон взаимности квадратичных вычетов в 1772 году, а Лежандр – в 1785 году (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966). Теория тернарных квадратичных форм была построена Гауссом по аналогии с концепцией бинарных квадратичных форм. И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века» (1978) подчеркивают: «Гаусс в своей книге построил законченную теорию бинарных квадратичных форм (т.е. форм от двух переменных) и начал аналогичное построение для тернарных форм. Он уточнил понятие эквивалентности и приведенной формы, разбил формы одного дискриминанта на классы эквивалентных между собой форм, т.е. определил на множестве форм данного дискриминанта операцию, аналогичную по своим

свойствам арифметической операции сложения (или умножения)...» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.85).

**69) Аналогия Карла Гаусса.** К.Гаусс (1811) открыл способ геометрического представления мнимых чисел и тем самым ввел в математику основное понятие теории функций комплексного переменного по аналогии с геометрическим представлением действительных чисел. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) пишет: «Геометрическим представлением мнимых чисел и операций над ними владели К.Вессель (в 1799 г.), Бюе и Арган (в 1806), Гаусс, а вскоре и многие другие ученые. Однако они сочетали этот вопрос с конкретными задачами в других областях математики. Достаточно же общая теоретическая трактовка вопроса появилась вначале у Гаусса, а затем в работах Коши» (Рыбников, 1974, с.374). Рыбников цитирует слова Гаусса из его письма Бесселю (1811): «...Так же как совокупность всех действительных величин можно мыслить в виде бесконечной прямой линии, так и совокупность всех величин, действительных и мнимых, можно осмыслить посредством бесконечной плоскости, каждая точка которой с абсциссой  $a$  и ординатой  $b$  будет представлять величину  $a + bi$ » (там же, с.375). К.Вессель также разработал геометрическую интерпретацию комплексных чисел, но его исследования остались неизвестными. Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) отмечает: «Датский землемер К.Вессель первый открыл способ геометрического представления комплексных величин на плоскости, приписываемый обычно Гауссу. На этой основе он разработал в 1797 г. полную теорию, которую опубликовал в 1799 г. Однако сочинение Весселя оставалось совершенно неизвестным...» (Вилейтнер, 1966, с.25).

**70) Аналогия Карла Гаусса.** Гаусс (1832) разработал теорию целых комплексных чисел по аналогии с теорией вещественных чисел. В частности, он открыл алгоритм нахождения общего наибольшего делителя для двух целых комплексных чисел по аналогии с алгоритмом Евклида для определения общего наибольшего делителя вещественных чисел. Также он по аналогии перенес в теорию комплексных чисел индексы, соответствующие логарифмам, первообразные корни и малую теорему Ферма, которые впервые были открыты в теории вещественных чисел. Кроме того, Гаусс открыл биквадратичный закон взаимности в арифметике целых комплексных чисел также по аналогии с квадратичным законом взаимности Эйлера в теории вещественных чисел. А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) указывает: «Он перенес на эти новые числа всю ту арифметическую структуру, которая была развита для целых рациональных чисел: определил простые и составные числа, ввел алгоритм Евклида, доказал однозначность разложения каждого целого числа на простые множители, построил для новых чисел теорию степенных вычетов, доказал аналог малой теоремы Ферма, ввел понятие первообразного корня и развил теорию индексов. Наконец, он сформулировал для целых комплексных чисел квадратичный закон взаимности. Таким образом, здесь впервые арифметическая структура была оторвана от своего первоначального носителя – целых рациональных чисел – и перенесена в иную область. С помощью целых комплексных чисел Гаусс сформулировал биквадратичный закон взаимности для обыкновенных целых чисел» (Юшкевич, 1972, с.124). Об этой же аналогии Гаусса И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков пишут в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978). Говоря о теории биквадратичных вычетов Гаусса, данные историки математики подчеркивают: «...На комплексные числа было перенесено понятие целого числа, которое уже более 2000 лет казалось неотъемлемым свойством целых рациональных чисел. Гаусс построил арифметику целых комплексных чисел, полностью аналогичную обычной, сформулировал с помощью новых чисел биквадратичный закон взаимности. Этим перед арифметикой были открыты новые необъятные горизонты» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.40).

**71) Аналогия Карла Гаусса.** Гаусс свел вычисление суммы гипергеометрического ряда в интервале медленной сходимости к интервалу быстрой сходимости по аналогии с приемом Даламбера из теории линейных дифференциальных уравнений. Он перенес этот прием в теорию гипергеометрических функций. Гаусс (1815) объяснил многозначность гипергеометрических функций по аналогии с объяснением многозначности логарифмических и эллиптических функций (1811). Под этой многозначностью Гаусс понимал наличие различных путей интегрирования, соединяющих две точки комплексной плоскости («Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» под ред. А.Н.Колмогорова и А.П.Юшкевича, 1981).

**72) Аналогия К.Гаусса, Х.Абеля, К.Якоби.** Гаусс, Абель и Якоби (1827) нашли формулы умножения и деления эллиптических функций по аналогии с формулами для умножения и деления тригонометрических функций. Формула умножения тригонометрических функций, от которой отталкивался Гаусс и другие математики, была открыта Муавром. Вот что пишет С.Г.Гиндикин о Гауссе: «Гаусс придумал для лемнискаты функции, аналогичные тригонометрическим функциям для окружности. (...) Последние годы 18-го столетия у Гаусса уходят на построение теории лемнискатных функций. Для них были получены теоремы сложения и приведения, аналогичные теоремам для тригонометрических функций. От лемнискатных функций Гаусс переходит к их обобщению – эллиптическим функциям» (Гиндикин, 2006, с.364). Об этом же пишет А.И.Маркушевич в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981): «Началом изучения специальных функций Гауссом послужило построение теории довольно частного класса эллиптических функций – функций лемнискатических. При всех аналогиях с тригонометрическими функциями, облегчивших первые поиски молодому Гауссу (начиная с 1796 г.), лемнискатические функции позволили обнаружить все своеобразие эллиптических функций» (Маркушевич, 1981, с.128). «Если в построении теории лемнискатических функций, - поясняют Колмогоров и Юшкевич, - Гаусс исходил из аналогии с тригонометрическими функциями, то дальше, развивая основы теории эллиптических функций, он руководствовался аналогией с лемнискатическими функциями» (там же, с.131). Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) пишет: «Из заметок, найденных в наследии Гаусса (за 1808/09 и 1843 гг.), выяснилось, что он был хорошо знаком с умножением, делением и преобразованием эллиптических функций. О теории эллиптических модулярных функций он имел значительно более ясное понятие, чем Абель и Якоби. Не может подлежать никакому сомнению, что раннее открытие двойной периодичности лемнискатической функции позволило Гауссу понять необычайную важность комплексных величин, как чисел и как переменных» (Вилейтнер, 1966, с.429). Сходство между эллиптическими и круговыми функциями подметили еще Эйлер и Лагранж. В книге «Математика 18 столетия» (1972) А.П.Юшкевич указывает: «Эйлер и Лагранж обратили внимание на аналогию между эллиптическими дифференциальными уравнениями и уравнением теории круговых функций...» (Юшкевич, 1972, с.358). Мы можем говорить о расшифровке механизмов мышления, на основе которых Гаусс делал свои открытия, несмотря на то, что сам он тщательно скрывал ход своих рассуждений. «Он намеренно, - пишет Г.Вилейтнер о Гауссе, - сглаживает все следы, которые могли бы свидетельствовать о ходе мыслей, приведших автора к его открытиям» (Вилейтнер, 1966, с.95).

**73) Аналогия Этьена Малюса.** После того, как Гаспар Монж (1794) рассмотрел нормальные конгруэнции в теории прямолинейных конгруэнций (семейств прямых линий, зависящих от двух параметров), Этьен Малюс по аналогии перенес результаты Монжа на конгруэнции прямых общего вида. Сам Г.Монж открыл один из важных методов интегрирования дифференциальных уравнений по аналогии с геометрическим способом образования некоторых классов поверхностей. Геометрическая интерпретация решения

дифференциальных уравнений с частными производными была открыта Г.Монжем при индуктивном обобщении частных случаев этой интерпретации, подмеченных Лагранжем в 1774 году. Лагранж говорил, что решениям уравнений соответствует геометрическое образование поверхностей (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966).



«Часто кажется, что одни и те же идеи рождаются у нескольких, подобно откровению. Если поискать причину этого, то легко найти ее в трудах тех, которые им предшествовали, где эти идеи представлены без ведома их авторов».

Эварист Галуа

**74) Аналогия Эвариста Галуа.** Эварист Галуа построил теорию групп (теорию групп подстановок корней уравнения) по аналогии с исследованиями Лагранжа по тому же вопросу. Об этом свидетельствует К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974): «Оставался лишь один шаг для того, чтобы обнаружить, что любая подгруппа циклической группы является ее нормальным делителем. Этот шаг сделал Галуа, учитывавший также указание Лагранжа, что подстановки корней уравнений указывают путь к построению их общей теории» (Рыбников, 1974, с.313). О том, что Лагранж получил первые результаты в теории групп, которые впоследствии обобщил и расширил Галуа, пишет и Н.Бурбаки: «Таким образом, он в действительности положил начало (в терминологии, еще тесно связанной с теорией уравнений) теории групп и полей, многие фундаментальные результаты которых он сам получил, и притом с помощью тех же принципов, которые употребляются и теперь» (Бурбаки, 2007, с.94). По свидетельству Г.Вилейтнера, «в исследованиях Лагранжа, существенно развитых Гауссом в его теории уравнений деления круга, содержались ростки теории Галуа» (Вилейтнер, 1966, с.56). К теории групп близко подходили Гаусс и Абель, на результаты которых должен был опираться Эварист Галуа. В книге «Математика 18 столетия» (1972) указывается: «Анализ Гаусса был, по существу, основан на разложении группы Галуа уравнения деления круга (т.е. группы всех подстановок корней этого уравнения, не изменяющих справедливости рациональных соотношений между ними) в прямую сумму циклических подгрупп и на построении подполей, соответствующих каждой из подгрупп. В случае уравнения деления круга  $x^n - 1 = 0$  группа Галуа – циклическая группа порядка  $n - 1$ . В 1826 г. Абель перенес методы Гаусса на случай уравнений, группа подстановок корней которых коммутативна, показав для этого, что любая коммутативная группа распадается в прямую сумму циклических подгрупп. Этим была построена теория Галуа для класса уравнений с коммутативной группой (так называемых абелевых уравнений)» (Юшкевич, 1972, с.95). «...В 1830-1832 гг., - замечает Юшкевич, - французский математик Эварист Галуа ввел понятие группы, подгруппы и нормального делителя и развил аппарат теории групп. Опираясь новыми понятиями группы и поля, он нашел общее условие разрешимости алгебраических уравнений в радикалах. Теория Галуа, по существу, представляла собой обобщение теории Гаусса и Абеля, однако если они рассматривали уравнения с коммутативной группой Галуа, то Галуа рассмотрел общий случай, когда группа Галуа некоммутативна» (там же, с.95). Можно сказать, что Галуа создал теорию групп для некоммутативных подстановок по аналогии с теорией групп Лагранжа, Гаусса и Абеля для коммутативных подстановок.

**75) Аналогия Эвариста Галуа.** Э.Галуа (1830) пришел к рассмотрению мнимых корней сравнения по простому модулю (и открыл тем самым конечные поля) по аналогии с

гауссовской теорией действительных корней сравнения по простому модулю. Галуа перенес теорию сравнений Гаусса с действительных чисел на комплексные. Кроме того, Э.Галуа (1830) разработал предварительный вариант теории функциональных сравнений (сравнений функций по модулю) по аналогии с уже названной теорией сравнений чисел Гаусса. Ф.А.Медведев в книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) пишет: «Известно, что в основе теории сравнений Гаусса лежит алгоритм Евклида. Вполне аналогичный алгоритм имеет место и для целых алгебраических функций. Поэтому мысль о распространении теории сравнений на эту область пришла многим математикам, тем более что Гаусс, как мы говорили, прямо указал на это. Первую попытку такого распространения предпринял Э.Галуа в 1830 г. В очень сжатой форме он изложил ряд вопросов теории функциональных сравнений и применил ее к вопросу о разрешимости в радикалах алгебраического уравнения» (Медведев, 1965, с.25). Позже такие исследователи, как Шенеман, Серре и Дедекинд, развили и углубили теорию функциональных сравнений. «Вслед за Галуа, - отмечает Ф.А.Медведев, - изучением функциональных сравнений занимались многие математики. Шенеман, а затем Серре подошли к ним с несколько иной точки зрения. Наиболее простое изложение элементов теории функциональных сравнений, самое близкое к изложению теории сравнений для целых чисел, дал в 1857 г. Р.Дедекинд» (там же, с.26).



«Прожив совсем короткую жизнь, он успел сделать так много, что этого вполне хватит на то, чтобы оставить о нем долгую память; легко представить себе, чего бы он достиг, если бы судьба решила иначе».

А.Лежандр о Нильсе Хенрике Абеле

**76) Аналогия Хенрика Абеля.** Хенрик Абель построил алгебраическую теорию уравнений деления эллиптических функций по аналогии с теорией уравнений деления круговых функций Гаусса. С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) подчеркивает: «Следует отметить, что замечание Гаусса в «Арифметических исследованиях» о том, что теорию деления круга можно перенести на лемнискату, оказало большое влияние на Абеля» (Гиндикин, 2006, с.365). Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) пишет: «Тогда как его соперник Якоби развивал теорию эллиптических функций аналитическими методами, в работах Абеля доминировала алгебраическая точка зрения на этот вопрос, центральное место в которой занимала теория уравнений деления эллиптических функций. Абель получал таким образом новые типы уравнений, разрешимых в радикалах, методом, скопированным с метода Гаусса для уравнений деления круга» (Бурбаки, 2007, с.97). В книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) А.И.Маркушевич указывает: «Внимание Абеля, читавшего «Арифметические исследования» Гаусса, не могли, конечно, не привлечь слова Гаусса по поводу развитых им принципов теории деления окружности на  $n$  равных частей: «Они могут быть применены не только к круговым функциям, но и ко многим другим трансцендентным функциям, например к тем, которые зависят от интеграла... Интеграл этот представлял хорошо знакомый Абелю частный случай эллиптического интеграла, которым выражается длина дуги лемнискаты» (Маркушевич, 1981, с.149). Примечательно, что еще Эйлер и Лагранж обнаружили аналогию между эллиптическими уравнениями и уравнениями теории круговых функций. А.П.Юшкевич в книге «Математика 18 столетия» (1972) отмечает: «Эйлер и Лагранж обратили внимание на аналогию между эллиптическими дифференциальными уравнениями и уравнением теории круговых функций...» (Юшкевич, 1972, с.358). Частным случаем эллиптических функций является функция лемнискаты. До

Абеля теория уравнений деления круга была развита Гауссом, который при этом высказал мысль о возможности перенести ряд результатов этой теории в область теории лемнискатических функций. Как замечает Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007), «Гаусс уже в «Арифметических исследованиях» указал на возможность обобщить свои методы и применить их к уравнению деления лемнискаты» (Бурбаки, 1972, с.98).

**77) Аналогия Хенрика Абеля и Карла Якоби.** Х.Абель и К.Якоби (1832) создали метод обращения (инверсии) эллиптических интегралов в эллиптические функции по аналогии с методом инверсии тригонометрических и эллиптических функций. При этом Абель и Якоби основывались на исследованиях Эйлера и Лагранжа, которые обратили внимание на аналогию между эллиптическими дифференциальными уравнениями и уравнениями теории круговых функций. Нужно отметить, что еще К.Гаусс нашел способ обращения эллиптических интегралов определенного вида по аналогии с правилами обращения с тригонометрическими функциями. Затем он распространил эти способы преобразования на общие эллиптические функции и на эллиптические модулярные функции. Впоследствии Х.Абель, К.Якоби и Э.Галуа перенесли в теорию общих алгебраических интегралов некоторые результаты, полученные А.Лежандром для эллиптических интегралов. Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966) указывает: «Абель и Галуа, а также Якоби (1846) распространили на общие алгебраические интегралы теорему о перестановке аргумента и параметра, открытую для эллиптических интегралов Лежандром» (Вилейтнер, 1960, с.398).

**78) Аналогия Карла Якоби.** Карл Якоби (1837) нашел необходимые и достаточные условия существования слабого экстремума (максимума или минимума) в вариационном исчислении по аналогии с исследованиями Гамильтона (1834), в которых был введен метод сравнения экстремалей с различными значениями двух произвольных постоянных, от которых зависит искомая экстремаль (экстремум интеграла). Таким образом, метод дифференцирования экстремали по произвольным постоянным, найденный Гамильтоном и примененный к отдельной механической задаче, был по аналогии перенесен Карлом Якоби на проблему общих условий максимума или минимума в вариационном исчислении. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич в книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (1987) подчеркивают: «Работа Гамильтона опубликована в 1834 г. В том же году Якоби с ней познакомился и высоко ее оценил. Начиная с этого времени, он много работал над теорией Гамильтона и впоследствии ее значительно усовершенствовал. В 1836 г. Якоби решил вариационную проблему о достаточных условиях максимума или минимума, что ему не удавалось в предыдущие годы. Он написал об этом брату Б.С.Якоби. Все сказанное дает основание предполагать, что дифференцирование экстремалей по произвольным постоянным, сыгравшее основную роль в решении вариационной проблемы, появилось у Якоби в связи с его работой над статьями Гамильтона. Справедливость высказанного предположения подтверждает еще одно обстоятельство: сам Якоби неоднократно указывал на то, что свое открытие он сделал благодаря применению вариации постоянных» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.199). Со слов Колмогорова и Юшкевича, «метод вариации постоянных широко применялся учеными 18 и 19 веков в механике и астрономии. Якоби впервые применил его в вариационном исчислении» (там же, с.200).

**79) Аналогия Николая Лобачевского.** Николай Лобачевский (1830) построил теорию неевклидовой геометрии, в которой параллельные прямые пересекаются, а сумма углов треугольника больше 180 градусов, по аналогии со сферической тригонометрией, основы которой были заложены еще Менелаем и Птолемеем. Примечательно, что если сумма углов треугольника меньше 180 градусов, то аналогия со сферической тригонометрией исчезает. До Лобачевского такие математики, как Ламберт, Швейкарт и Тауринус, также замечали

аналогию между следствиями, вытекающими из постулата Евклида о параллельных прямых, и теоремами сферической тригонометрии. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) пишет: «Аппарат вычислений в геометрии Лобачевского основывается на оперировании с гиперболическими функциями. (...) Вся тригонометрия оказалась в основном тригонометрией гиперболических функций. Совокупность ее формул оказалась подобной совокупности формул сферической тригонометрии в системе Евклида, но для сферы мнимого радиуса  $Ri$ » (Рыбников, 1974, с.399). «...В 1835 г., - поясняет Рыбников, - Лобачевский в «Воображаемой геометрии» показал, что требование аксиомы параллельности можно свести к вопросу о справедливости соотношений гиперболической тригонометрии» (там же, с.402). Об этом же пишут А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981): «...Сам Лобачевский видел свидетельство непротиворечивости открытой им геометрии в указанной связи формул его тригонометрии с формулами сферической тригонометрии» (Колмогоров, Юшкевич, 1981, с.65). Наконец, Д.Стиллвелл в книге «Математика и ее история» (2004) обсуждает тот же вопрос: «Сферическая геометрия развивалась со времен античности, отвечая потребностям астрономов и мореплавателей, и формулы длин сторон и площадей сферических треугольников были хорошо известны. Но сфера считалась частью евклидовой пространственной геометрии, поэтому аксиоматическое значение сферической геометрии вначале игнорировалось. Тем не менее, случилось так, что первые исследования аксиомы  $R2$  направлялись аналогией со сферой» (Стиллвелл, 2004, с.331).

**80) Аналогия Вильяма Гамильтона.** Вильям Гамильтон (1853) открыл кватернионы – математические объекты, положившие начало кватернионному исчислению, в результате использования аналогии. Кватернионы возникают, если интерпретировать умножение комплексных чисел при помощи поворота векторов в пространстве. Гамильтон пришел к такой интерпретации по аналогии с интерпретацией умножения комплексных чисел при помощи поворота в плоскости. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) указывает: «Но как только умножение комплексных чисел было интерпретировано при помощи поворота в плоскости, оказалось, что для расширения этого понятия на пространство необходимо рассматривать некоммутативное умножение (так как повороты в пространстве образуют неабелеву группу). Это одна из идей, которые руководили Гамильтоном при открытии кватернионов, явившихся первым примером некоммутативного тела» (Бурбаки, 2007, с.79). Примечательно, что важные результаты теории кватернионов содержались уже в работах Гаусса. «...Он дает более чем за 20 лет до Гамильтона, - пишет Бурбаки о Гауссе, - формулы для умножения кватернионов» (там же, с.68). В другом месте той же книги Н.Бурбаки подчеркивает: «...Мы должны отметить, что именно изучение группы вращений (трехмерного пространства) привело Гамильтона к открытию кватернионов. Открытие Гамильтона было обобщено В.Клиффордом, который в 1876 г. ввел алгебры, носящие его имя, и доказал, что они являются тензорными произведениями алгебр кватернионов...» (там же, с.135).



«Будучи офицером инженерных войск Наполеона, вместе с 26 тысячами французов он попал в плен к русским. И там, в плену, в далеком от европейских научных центров Саратове, написал семь тетрадей, которые по возвращении в Париж превратились в ныне знаменитый «Трактат о проективных свойствах фигур», где были обстоятельно изложены принципы новой науки – проективной геометрии и впервые сформулирован принцип двойственности».

В.П.Демьянов о Викторе Понселе

**81) Аналогия Виктора Понселе.** Выдающийся математик Виктор Понселе ввел в проективную геометрию понятие мнимого (комплексного) конического сечения, имеющего действительную полярную систему, по аналогии с понятием вещественного конического сечения. Также Понселе ввел понятие мнимых (комплексных) циклических точек пересечения фигур в бесконечности по аналогии с понятием вещественных циклических точек. Следует заметить, что все открытия Понселе в проективной геометрии являются результатом систематического использования усиленной формы индукции, которую он маскировал термином «принцип непрерывности». Этот принцип оправдывает выведение свойств сложных фигур из простейших путем непрерывного перехода (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966). Об этом же пишет историк науки А.Н.Боголюбов в книге «Ж.В.Понселе» (1988). В данной книге цитируется А.Пуанкаре, который объяснял особенности мышления Понселе следующим образом: «Все известно, что подразумевал Понселе под принципом непрерывности. То, что справедливо для действительной величины, говорил Понселе, должно быть справедливо и для мнимой... Понселе был одним из самых индуктивных умов в этом веке...» (А.Н.Боголюбов, «Ж.В.Понселе», 1988). Перефразируя Пуанкаре, можно сказать, что Понселе был одним из тех умов своего века, которые наиболее эффективно пользовались аналогией.

**82) Аналогия Иоганна Бенедикта Листинга.** И.Б.Листинг (1862), разделяющий с Мебиусом приоритет открытия знаменитого «листа Мебиуса», внес вклад в теорию пространственных комплексов благодаря тому, что по аналогии перенес в данную математическую концепцию теорему Эйлера о многогранниках. В книге «Математика XIX века: геометрия, теория аналитических функций» (Москва, 1981) Б.Л.Лаптев и Б.А.Розенфельд пишут о работе Листинга «Перепись пространственных комплексов или обобщение теоремы Эйлера о многогранниках», опубликованной в 1862 году: «В этой работе Листинг доказывает целый ряд теорем о пространственных комплексах, одна из которых представляет собой перенос теоремы Эйлера о многогранниках на пространственные комплексы, гомеоморфные сфере. Листинг указывает также комплексы, для которых эта теорема неверна. В этой же работе Листинг описывает так называемый лист Мебиуса – одностороннюю поверхность, которую можно получить, отождествляя точки конечного прямого кругового цилиндра, симметричные относительно центра симметрии, или склеивая соответственные точки половины такого цилиндра» (Лаптев, Розенфельд, 1981, с.99).

**83) Аналогия Джеймса Сильвестра и Артура Кэли.** Выдающиеся математики Джеймс Сильвестр и Артур Кэли (1858) создали матричное исчисление, в котором сформулировали систему правил оперирования с матрицами, по аналогии с исчислением детерминантов (определителей) и исчислением кватернионов В.Гамильтона. Правила оперирования с детерминантами были разработаны Маклореном, Безу, Лапласом, Вандермондом, Лагранжем, Гауссом, Коши, К.Якоби. Как отмечает историк математики К.А.Рыбников, «уже Бине и Коши распространили на матрицы теорему об умножении определителей» (К.А.Рыбников, «История математики», 1960). Об этом же говорит Г.Вилейтнер: «Понятие определителя и основные теоремы содержались в «Учении о протяженности» Грассмана. Приведем следующие подробности. Уже Бине и Коши распространили теорему умножения на матрицы...» (Вилейтнер, 1966, с.402). «Однако символическое исчисление матриц, - добавляет Вилейтнер, - создал лишь Кэли (1858), причем он вместе с тем указал на связь с кватернионами» (там же, с.402). Матричное исчисление – это теория определителей, выраженная в табличной форме. Все, что сделали Сильвестр и А.Кэли в матричном исчислении, - это ввели квадратную таблицу для обозначения детерминантов. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) пишет: «Но после того как Сильвестр ввел матрицы и ясно определил понятие ранга (не дав ему названия), Кэли создал матричное исчисление, заметив, что матрица является лишь более кратким обозначением некоторой линейной подстановки (важный факт, впоследствии часто упускаемый из виду)...» (Бурбаки,

2007, с.80). И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) отмечают: «Важным шагом в развитии алгебраической стороны линейной алгебры было появление работы Кэли «Мемуар о теории матриц» (1858). В этой работе Кэли вводит понятие матрицы, определяет сложение матриц, определяет умножение матриц по аналогии с композицией линейных замен переменных. Он выделяет единичную и нулевую матрицы, указывает, что определитель можно рассматривать как функцию от матрицы...» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.68). Далее Башмакова и Рудаков подчеркивают: «Обобщая одну теорему Гамильтона о кватернионах, Кэли формулирует теорему Гамильтона-Кэли: каждая матрица аннулирует свой характеристический многочлен – и доказывает ее для матриц второго и третьего порядков» (там же, с.68). О том, что А.Кэли создал алгебру квадратичных матриц по аналогии с алгеброй кватернионов В.Гамильтона, говорит и Д.Стилвелл в книге «Математика и ее история» (2004): «Действительно, те же матрицы были открыты Кэли (1858), который предложил их как новую реализацию кватернионов. Сегодня они часто известны как матрицы Паули, особенно в физике. Они вновь были открыты в квантовой теории, где вращения сферы также важны» (Стилвелл, 2004, с.378). Наконец, реконструкция всех указанных авторов совпадает с точкой зрения А.Даан-Дальмедико и Ж.Пейффер, которые в книге «Пути и лабиринты. Очерки по истории математики» (1986) указывают: «Под влиянием результатов Гамильтона о кватернионах Кэли обсуждает характеристические свойства операций над матрицами, проверяет ассоциативность умножения и его дистрибутивность по отношению к сложению и исследует условия коммутативности» (Даан-Дальмедико, Пейффер, 1986, с.397).

**84) Аналогия Д.Сильвестра, А.Кэли, К.Якоби, Ш.Эрмита.** Д.Сильвестр (1851), А.Кэли (1846), К.Якоби и Ш.Эрмит построили математическую теорию инвариантов (величин, не меняющих своего значения после различных математических преобразований) по аналогии с проективной классификацией алгебраических кривых и теорией бинарных квадратичных форм Гаусса. Кэли разработал технические средства, позволившие обобщить понятие инвариантов, по аналогии с техническими средствами теории детерминантов (теории определителей). И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) отмечают: «Своим возникновением теория инвариантов обязана трем наукам: теории чисел (гауссова классификация бинарных квадратичных форм), геометрии (проективные свойства кривых) и алгебре (теории определителей). Начальный период ее развития связан с творчеством Кэли, Сильвестра (придумавшего почти все термины теории, в том числе слово «инвариант»), Сальмона в Англии, Якоби, Гессе в Германии и Эрмита во Франции» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.76). «Построение инвариантов, - поясняют Башмакова и Рудаков, - тесно связано с задачей проективной классификации алгебраических кривых. Именно результаты проективной классификации алгебраических кривых послужили главной отправной точкой при создании теории инвариантов» (там же, с.77). Первые идеи алгебраической теории инвариантов возникают в теории Гаусса о бинарных квадратичных формах. В этой теории Гаусс, рассматривая линейные преобразования неизвестных величин из одной формы в другую, получал такие величины, которые после преобразования не меняли своего значения.

**85) Аналогия Г.Либри и Э.Брассина.** Известные математики Г.Либри и Э.Брассин (1833, 1868) разработали теорию линейных дифференциальных уравнений по аналогии с теорией алгебраических уравнений. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич в книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций, обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, теория конечных разностей» (1987) пишут: «Аналогия с алгебраическими уравнениями во многом определила развитие теории линейных дифференциальных уравнений в 19 веке. Один из аспектов проявления этой аналогии – только что рассмотренные символические методы их интегрирования. Другой аспект – аналогия между корнями алгебраических уравнений и частными решениями линейных

дифференциальных уравнений. Первым, кто со всей определенностью указал на эту аналогию и начал ее разработку, был Г.Либри. Сам он в заметке, опубликованной в 1836 г., писал об этом, имея в виду упоминавшийся нами ранее мемуар 1833 г., так: «Я полагаю, был первым, кто обратил внимание геометров на отношения, которые существуют между корнями алгебраических уравнений и частными интегралами линейных дифференциальных уравнений... Сходство этих двух классов уравнений распространяется очень далеко и позволяет трактовать линейные дифференциальные уравнения методами, аналогичными тем, которые использовались в теории алгебраических уравнений» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.128). Либри и Брассин открыли теорему, связывающую решение линейных дифференциальных уравнений с отысканием общего алгебраического делителя, по аналогии с алгоритмом Евклида для нахождения наибольшего общего делителя двух многочленов. Брассин открыл формулы, выражающие коэффициенты линейного дифференциального уравнения, по аналогии с аппаратом теории определителей, который позволяет вычислять коэффициенты линейных алгебраических уравнений. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич пишут о Брассине: «Дальнейшие успехи в разработке аналогии принадлежат Э.Брассину. Упомянутое его приложение к курсу Ш.Штурма (1868) так и называется: «Аналогия линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами с алгебраическими уравнениями». Здесь мы находим известные нам выражения для коэффициентов и конструкцию самого уравнения через  $n$  линейно независимых решений с помощью аппарата теории определителей. Руководствуясь аналогией с алгебраическими уравнениями, Э.Брассин получил целый ряд важных предложений теории линейных дифференциальных уравнений. Одно из них – теорему Брассина – мы уже упомянули выше» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.129). Развивая идеи Либри и Брассина, Г.Фробениус (1873) ввел понятие неразрешимости дифференциального уравнения по аналогии с понятием неразрешимости алгебраического уравнения. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич цитируют математика П.Аппеля: «П.Аппель так писал об этой аналогии в 1881 г.: «Теория наибольшего общего делителя и теория исключения навели гг. Либри, Лиувилля и Брассина на аналогичные теории для линейных дифференциальных уравнений; рассмотрение этих вопросов было недавно возобновлено и продвинуто далее гг. Л.В.Томе и Г.Фробениусом... Г.Фробениус ввел понятие неприводимости линейного дифференциального уравнения и доказал на этот счет много важных теорем, побуждаемый, без сомнения, аналогичными теоремами теории алгебраических уравнений. Разложение полиномов на множители было источником теории разложения левой части линейного дифференциального уравнения на простые символические множители» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.130). «...Указанные выше результаты Либри и Брассина следует рассматривать в связи с разработкой аналогии между линейными дифференциальными и алгебраическими уравнениями, о которой мы еще будем говорить в дальнейшем» (там же, с.115). Либри, Лиувилль и Брассин построили теорию детерминантов для линейных дифференциальных уравнений по аналогии с теорией детерминантов Кэли и Сильвестра для алгебраических уравнений.

**86) Аналогия Фердинанда Фробениуса и Рудольфа Липшица.** Г.Фробениус и Р.Липшиц (1870) построили теорию знакопеременных билинейных дифференциальных форм в результате того, что по аналогии перенесли в теорию дифференциальных уравнений с частными производными теорию инвариантов. Впоследствии тот же самый перенос, то есть выявление аналогии между теорией инвариантов и теорией дифференциальных уравнений привело выдающихся математиков Э.Картана и А.Пуанкаре к созданию исчисления внешних дифференциальных форм. Э.Картан заметил, что алгебраические правила исчисления интегральных инвариантов похожи на теорему внешнего умножения Грассмана.



«О продуктивности Коши-математика свидетельствует целый ряд терминов, определений и понятий, вошедших в науку, таких, как признак Коши, критерий Коши, задачи Коши, интеграл Коши, уравнения Коши-Римана и Коши-Ковалевской, относящиеся к различным разделам математического анализа, математической физики, теории чисел и других дисциплин. Всего же он написал 700 работ (по другим источникам 800), с невероятной легкостью переходя от одной области научного знания к другой».

В.П.Демьянов об Огюстене Луи Коши

**87) Аналогия Огюстена Коши и Карла Якоби.** О.Коши (1819) и К.Якоби (1837) разработали общую теорию интегрирования (решения) дифференциальных уравнений в частных производных с любым числом независимых переменных благодаря тому, что по аналогии перенесли в данную теорию метод характеристик Гаспара Монжа, использованный им при решении дифференциальных уравнений первого порядка с тремя переменными. В книге «Математика 18 столетия» (редактор – А.П.Юшкевич, 1972) констатируется: «Благодаря работам Монжа теория интегрирования дифференциальных уравнений первого порядка с тремя переменными к началу XIX в. стала геометрически прозрачной. Монж сделал первые шаги и по применению метода характеристик к уравнениям в частных производных высших порядков. (...) В XIX в. метод характеристик Монжа стал отправным пунктом для соответствующего метода Коши решения дифференциальных уравнений в частных производных» («Математика 18 столетия», 1972, с.439). «В теории уравнений с частными производными первого порядка в XIX в., - указывается в той же книге, - разрабатываются общие способы интегрирования, пригодные в случае любого числа независимых переменных. Один из таких способов был найден Пфаффом в 1814 г. Затем Коши (1819) и независимо от него Якоби (1837) упростили решение Пфаффа, применив метод характеристик. После этого метод характеристик стал широко применяться для разных видов дифференциальных уравнений в частных производных различных порядков» (там же, с.450).

**88) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши (1821, 1823) построил строгую теорию исчисления бесконечно малых, положив в ее основу понятие предела, по аналогии с исследованиями Даламбера, который в 1765 году заявил о необходимости обосновать дифференциальное исчисление посредством метода пределов. В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) указывает: «...Коши дал определение непрерывности функции, построил строгую теорию сходящихся рядов, ввел определенный интеграл как предел интегральных сумм, рассмотрел и другие вопросы анализа. Вся система построена на базе понятия предела. Книги Коши долгое время служили образцом для курсов анализа» (Панов, 2006, с.214). Далее В.Ф.Панов говорит об исследованиях Даламбера, на которые опирался Коши: «Наиболее ярким представителем другой концепции математического анализа во второй половине 18 века был Даламбер. Сам он не дал систематического построения своего метода пределов, продолжавшего идеи Ньютона, но его краткие и отточенные статьи в «Энциклопедии» сыграли очень большую роль в подготовке теории пределов современного классического анализа. В статье «Предел» (1765) Даламбер писал: «Ньютон никогда не считал дифференциальное исчисление исчислением бесконечно малых, а видел в нем метод первых и последних отношений, т.е. метод определения пределов отношений» (там же, с.216). «За основное понятие, - аргументирует В.Ф.Панов, - Коши принял понятие предела. Развив идею Даламбера, но отказавшись окончательно от геометрического подхода, с которым она была еще тесно связана, он определил предел как чисто арифметическое понятие» (там же, с.219). Об этом же пишет М.Клайн в книге «Математика. Утрата определенности» (1984): «Коши поступил весьма мудро, решив построить математический анализ на понятии предела. Как это неоднократно случалось в истории математики, избранный Коши правильный подход уже

предлагался ранее некоторыми проницательными умами. Еще в XVII в. Джон Валлис в «Арифметике бесконечно малых» (1655) и шотландский профессор Джеймс Грегори в «Истинной квадратуре окружности и гиперболы» (1667), а затем в XVIII в. Даламбер со всей определенностью указали на понятие предела как на наиболее подходящую основу построения анализа» (Клайн, 1984, с.202).

**89) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши разработал теорию аналитических функций многих переменных по аналогии с теорией аналитических функций одной переменной. В книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) А.И.Маркушевич отмечает: «В работах, посвященных исчислению пределов и его применению к решению функциональных уравнений, Коши заложил также основы теории аналитических функций многих переменных. Он показал, что коэффициенты степенных рядов, их представляющих, а также остаточные члены этих рядов выражаются и оцениваются формулами, аналогичными случаю одного переменного, и задолго до Вейерштрасса получил существенную часть фундаментальной теоремы теории аналитических функций многих переменных, так называемой подготовительной теоремы...» (Маркушевич, 1981, с.145).

**90) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши (1844) сформулировал теорему о том, что целая функция, ограниченная по модулю во всей плоскости, равна постоянной, по аналогии с теоремой Ж.Лиувилля (1844) о том, что целая двоякопериодическая функция есть константа. В книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) А.И.Маркушевич констатирует: «Из работ 40-х годов, относящихся к степенным рядам, отметим еще теорему Коши о том, что целая функция, ограниченная по модулю во всей плоскости, тождественно равна постоянной (1844). Впрочем, эта простая, но весьма важная теорема была лишь обобщением предложения, высказанного Ж.Лиувиллем в том же 1844 г.: целая двоякопериодическая функция есть константа» (Маркушевич, 1981, с.146).

**91) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши (1825) нашел области монотонности и непрерывности функции комплексной переменной, открыл интеграл вдоль некоторой кривой, соединяющей точки на комплексной плоскости, руководствуясь аналогией с интегралами от функции действительного переменного и с трактовкой заданного интеграла как предела интегральной суммы. Коши вычислил вариацию интеграла от функции комплексной переменной по аналогии с вычислением вариации интеграла от вещественной функции (К.А.Рыбников, «История математики», 1960). Этот факт также отмечает Г.Вилейтнер в книге «История математики от Декарта до середины 19 столетия» (1966). О.Коши построил теорию многочленов для комплексных чисел по аналогии с теорией многочленов Гаусса для действительных чисел. Если Гаусс использовал прием сравнения чисел по модулю в действительной области, то Коши перенес этот метод на мнимые величины. Говоря о гауссовском приеме сравнения чисел по модулю в действительной области, историк математики Г.Вейль пишет о Коши: «Аналогичный прием образования понятий использовал Коши при введении мнимых величин. Он рассматривает мнимую единицу  $i$  как неизвестное и изучает многочлены от этого неизвестного над полем действительных чисел, сравнимые по модулю...» (Г.Вейль, «Математическое мышление», 1989). О.Коши (1831) сформулировал теорему о разложении в степенной ряд функции комплексной переменной по аналогии с теоремой Тейлора о разложении в степенной ряд функции вещественной переменной («Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» под ред. А.Н.Колмогорова и А.П.Юшкевича, 1981). О.Коши (1825) открыл свою знаменитую теорему о независимости значения интеграла от пути интегрирования в теории функций комплексной переменной по аналогии с теоремой о независимости значения интеграла от пути интегрирования, сформулированной Эйлером, Лагранжем и Лапласом в теории функций вещественной переменной.

**92) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши (1852) нашел условия существования производной функции комплексной переменной по аналогии с условиями, сформулированными Б.Риманом в диссертации «Основания общей теории функций одного комплексного переменного» (1851). Традуктивно отталкиваясь от докторской диссертации Римана, Коши понял, что для обоснования теории комплексных функций, помимо непрерывности исследуемых функций, необходимо еще выполнение уравнений Даламбера-Эйлера. А.И.Маркушевич в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) констатирует: «...Коши в статье «О дифференциалах алгебраических или геометрических количеств и о производных функций этих количеств», помещенной в 47-й тетради 4-го тома «Упражнений» (1852), использует условия существования производной функции  $Z$  комплексного переменного  $z$  примерно так же, как это делает Риман, но без ссылок на последнего. При этом лишней раз выявляется существенное обстоятельство, оставшееся в тени в предыдущих работах Коши: одного лишь требования непрерывности исследуемых функций комплексного переменного недостаточно для обоснования открытых им ранее закономерностей; необходимо еще выполнение уравнений Даламбера-Эйлера. Позволительно думать, что только что упомянутая статья Коши была, так сказать, индуцирована диссертацией Римана» (Маркушевич, 1981, с.192-193).

**93) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши дал строгое обоснование принципов и методов вариационного исчисления по аналогии со строгим обоснованием правил дифференциального исчисления. Чтобы сохранить аналогию между двумя видами исчислений и свободно переносить в вариационную теорию результаты теории дифференциалов, Коши наложил на вариационные функции требования непрерывности и наличия производной до определенного порядка. В противном случае, считал Коши, в вариационной теории нельзя разлагать подинтегральную функцию в ряд Тейлора, применять интегрирование по частям и т.д.

**94) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши открыл теорему об умножении матриц в матричном исчислении, по аналогии с теоремой об умножении определителей в теории детерминантов. Коши открыл теорему о собственных значениях симметрических матриц по аналогии с теоремой о собственных значениях линейной подстановки. Частные случаи этой теоремы были известны Эйлеру, Лагранжу и Лапласу (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966).

**95) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши сформулировал в теории степенных рядов один из критериев сходимости этих рядов, основанный на принципе вложенных интервалов, по аналогии с эквивалентным критерием сходимости из теории бесконечных десятичных дробей (Н.Бурбаки, «Очерки по истории математики», 2007).

**96) Аналогия Огюстена Коши.** О.Коши открыл метод вычисления несобственных интегралов (интегралов от бесконечных функций) по аналогии с вычислением собственных интегралов (интегралов от конечных функций). «Основным приемом при этом, - пишет Ф.А.Медведев о Коши и других математиках, - служил следующий. Считая подинтегральную функцию обычной, они находили ее примитивную, а затем подставляли в нее требующиеся пределы, в том числе и бесконечные» (Ф.А.Медведев, «Развитие понятия интеграла», 1974).

**97) Аналогия Жозефа Лиувилля.** Ж.Лиувилль (1847) сделал ряд открытий в теории эллиптических функций, когда по аналогии перенес в эту теорию результаты, полученные Коши в теории функций комплексного переменного. Затем выдающийся математик Пюизе перенес результаты Коши в теорию алгебраических функций (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**98) Аналогия Жозефа Лиувилля.** Теория круговых преобразований в пространстве была построена Ж.Лиувиллем (1850) по аналогии с теорией Мебиуса о круговых преобразованиях на плоскости. Лиувилль установил, что конформные преобразования пространства являются аналогами круговых преобразований плоскости («Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», под ред. А.Н.Колмогорова и А.П.Юшкевича, 1981).



«Риман представляет типичную фигуру гения; тихий и чудокватый с внешней стороны, полный сил и исключительного размаха в сфере внутренней. Научные интересы Римана были гораздо шире интересов Абеля, вдохновлявшегося только чистой математикой как таковой. Кругозор Римана охватывал математическую физику и даже всю философию естествознания с уклоном в сторону психологизма».

Ф.Клейн о Бернгарде Римане

**99) Аналогия Бернгарда Римана.** Гениальный математик Бернгард Риман открыл многочисленные теоремы существования для функций на замкнутых многолистных римановых поверхностях по аналогии с теоремами существования в теории функций мнимого переменного. К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974) указывает: «Исследования Римана в области теории функций комплексного переменного характерны наличием широких аналогий, связавших эту теорию со многими другими областями математики. Тем самым была в значительной мере преодолена изолированность представлений о функциях комплексных переменных» (Рыбников, 1974, с.384). «Риман решил, - аргументирует Рыбников, - что создаются условия для переноса идей математической физики в теорию функций. К тому же методы решения уравнения Лапласа были к тому времени достаточно хорошо разработаны» (там же, с.385). Утверждение Римана о том, что любая функция может быть разложена в гармонический ряд, встретило возражения Вейерштрасса, и некоторым ученым показалось, что теория Римана не выдержит проверку временем. Однако впоследствии теоремы Римана были доказаны на основе результатов вариационного исчисления. Со слов Рыбникова, «Римановы теоремы существования, возникшие из физических аналогий, сделавшись объектом споров, надолго повисли в воздухе. Они были доказаны Шварцем (1870) и Нейманом (1884) иными путями, а обоснованность суждений Римана удалось доказать лишь Д.Гильберту (1901-1909), применившему для этой цели прямые методы вариационного исчисления. В более общей форме этот вопрос был исследован Р.Курантом и Г.Вейлем» (Рыбников, 1974, с.386). Рыбников отмечает: «Другая группа аналогий, введенных Риманом, имеет своим исходным пунктом геометрическую интерпретацию комплексных чисел и функций комплексного переменного. К тому времени уже было известно, что аналитические функции комплексного переменного определяют конформное отображение одной плоскости на другую, причем не обязательно взаимно однозначное» (там же, с.386). Рыбников указывает, что «факты теории функций комплексного переменного, будучи распространены на римановы поверхности, приобретают большую общность. Кроме того, Риман установил связь между обоими типами аналогий, используя физическую интерпретацию для получения теорем существования для функций на замкнутых многолистных римановых поверхностях. Эти поверхности рассматриваются как однородные проводники» (там же, с.387).

**100) Аналогия Бернгарда Римана.** Б.Риман (1854) создал теорию поверхностей в многомерном пространстве по аналогии с теорией поверхностей в трехмерном пространстве, сформулированной Гауссом. Риман (1861) нашел дифференциальные уравнения геодезических линий в многомерном пространстве по аналогии с гауссовскими

дифференциальными уравнениями геодезических линий в трехмерном пространстве. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) пишет: «Гаусс, по-видимому, первый заметил, что аналитическая функция комплексной переменной порождает конформное отображение плоской области на плоскую область. Однако основы современной теории конформных отображений были заложены значительно позже, главным образом в работах Римана, Шварца и Кристоффеля...» (Сологуб, 1975, с.124). Об этом же пишут Б.Л.Лаптев и Б.А.Розенфельд в очерке «Геометрия» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981): «Найденные топологические свойства поверхностей Риман перенес и на многомерные многообразия» (Лаптев, Розенфельд, 1981, с.102). Риман открыл теорему о конечности числа параметров группы движений многомерного пространства по аналогии с теоремой о конечности числа параметров группы движений трехмерного пространства. Об указанной аналогии Римана пишет также А.Томилин в книге «Занимательно о космологии» (1971): «Риман изложил в своей лекции принципы многомерной геометрии в наиболее обобщенном виде. Он положил в основу своих исследований гауссовский элемент длины, то есть бесконечно малое расстояние между двумя точками. Некогда эта идея позволила Гауссу построить внутреннюю геометрию искривленной поверхности. На этом Гаусс остановился. Риман же перенес этот метод, эту идею с поверхности, или иначе с пространства двух измерений, на пространства трех и более измерений, обобщив и построив новые удивительные геометрии удивительных миров» (А.Томилин, 1971).

**101) Аналогия Бернгарда Римана.** Б.Риман построил правильную теорию аналитических функций в теории функций комплексной переменной по аналогии с теорией гармонических функций, представленной в исследованиях его предшественников по проблеме потенциала. После обнаружения этой аналогии произошло следующее. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) отмечает: «Во-первых, - пишет историк науки В.С.Сологуб, - создалась возможность перенесения многих теорем о свойствах функций с одного класса функций на другой класс или установления аналогов этих теорем. Достаточно назвать хотя бы теоремы об экстремальных свойствах, об аналитическом продолжении, принцип симметрии и др. Во-вторых, в работе Римана возникла и во второй половине 19 века начала быстро развиваться теория краевых задач для аналитических функций, аналогия которой для гармонических функций в то время уже существовала. При этом многие методы решения краевых задач для гармонических функций были перенесены на случай краевых задач для аналитических функций, а впоследствии – и наоборот. Наконец, в-третьих, связь между аналитическими и гармоническими функциями наряду с рассмотренной ранее теоремой Римана, привела Шварца и К.Неймана к созданию метода конформных отображений для решения краевых задач теории потенциала на плоскости, - одного из наиболее эффективных методов решения этих задач» (Сологуб, 1975, с.126). Теория краевых задач для аналитических функций была подсказана Риману аналогией с теорией краевых задач для гармонических функций. Причиной успеха Римана при построении теории аналитических функций явилось то, что он обнаружил сходство (аналогию) между аналитическими и гармоническими функциями, причем это сходство подмечалось математиками и раньше (например, Даламбером). В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) отмечает: «Между теорией гармонических функций (решений уравнения Лапласа) от двух действительных переменных и теорией аналитических функций от одной комплексной переменной существует глубокая внутренняя связь. Эту связь нашел еще в 1752 г. Даламбер при решении задач гидродинамики» (Сологуб, 1975, с.234).

**102) Аналогия Бернгарда Римана.** Б.Риман создал теорию многолистных поверхностей, определяемых алгебраическим уравнением, по аналогии с результатами Коши из теории комплексных (мнимых) функций и результатами Пюизе из теории алгебраических функций.

Риман пришел к мысли о том, что выделение однозначной ветви многозначной функции, осуществляемое различными способами, приводит к появлению линий разрыва на поверхности, по аналогии с эквивалентным условием Коши о появлении линий разрыва на плоскости. Идея Римана об изображении хода комплексной переменной в виде движения точки на поверхности возникла по аналогии с идеей Коши об изображении хода комплексной переменной в виде движения точки на плоскости. Комплексное интегрирование на поверхности Римана является аналогом комплексного интегрирования Коши на плоскости. Теорема о стирании особенностей аналитических функций была открыта по аналогии с теоремой о стирании особенностей гармонических функций, то есть по аналогии с теоремой о конечности и непрерывности частных производных всех порядков гармонических функций. Постулат о стирании особенностей был известен для плоского случая одному из создателей теории потенциала Грину. Риман традуктивно экстраполировал ее на свои многомерные поверхности. Теорема Римана о том, что функция, аналитическая на некоторой поверхности, отображает ее взаимно однозначно и непрерывно также на другую поверхность, возникла по аналогии с плоскостной теоремой о том, что функция, аналитическая на некоторой плоскости, является ее взаимно однозначным отображением на другой плоскости. Нужно подчеркнуть, что понятия многолистной поверхности с определением точек разветвления поверхности и описанием связи листов между собой, распадающихся на отдельные циклы и окрестности каждой такой точки, возникли у Римана по аналогии с алгебраическими понятиями Пюизе, представленными в теории алгебраических функций. Идея многолистной поверхности Римана являлась превосходным геометрическим комментарием к алгебраическому мемуару Пюизе (1851). А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981) пишет: «Если следить за ходом развития идей Пюизе, используя позднейшую терминологию, относящуюся к понятию многолистной римановой поверхности, простертой над комплексной областью  $z$ , то можно сказать, что Пюизе уже полностью выяснил структуру  $m$ -листной римановой поверхности, определяемой алгебраическим уравнением...» (Маркушевич, 1981, с.184). Имея в виду мемуар Пюизе об алгебраических функциях (1951), А.И.Маркушевич указывает: «...Считаем весьма вероятным, что Риман своевременно прочел этот мемуар. Последний публиковался в одном из самых влиятельных и самых распространенных математических журналов того времени, необходимых для каждого, кто работал в области анализа, - «Журнале чистой и прикладной математики» Лиувилля» (там же, с.193). Риман нашел условия существования функций многолистных поверхностей по аналогии с условиями существования алгебраических функций и их интегралов. Риман и Коши определили условия существования функций комплексного переменного по аналогии с условиями Даламбера-Эйлера, то есть со знаменитыми дифференциальными уравнениями с частными производными, вводящими в гидродинамику элементы комплексного интегрирования и дифференцирования.

**103) Аналогия Бернгарда Римана.** Б.Риман определил интеграл как предел интегральных сумм для разрывных функций по аналогии с эквивалентным определением Коши для непрерывных функций. Ф.А.Медведев в книге «Развитие понятия интеграла» (1974) повествует об определении интеграла, данном Коши: «...Риман взял определение Коши и распространил его на разрывные функции, указав условие, необходимое и достаточное для существования предела интегральных сумм Коши. Это условие интегрируемости, преобразованное Витали и Лебегом, формулируется так: для того чтобы существовал интеграл функции, необходимо и достаточно, чтобы множество точек разрыва функции на интервале имело меру, равную нулю» (Ф.А.Медведев, 1974). Риман непроизвольно предугадал, что разрывных функций в природе во много раз больше, чем непрерывных, и что математика 20 века пойдет по пути изучения разрывных функций. А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981) подчеркивает заслуги Римана перед наукой: «Проживший

недолгую жизнь – он умер от туберкулеза, не достигнув полных сорока лет, Б.Риман, без сомнения, является одним из самых глубоких и проницательных математических гениев, каких только знает история науки» (Маркушевич, 1981, с.188).

**104) Аналогия Камиля Жордана.** К.Жордан (1866) построил теорию растяжимых поверхностей по аналогии с теорией Гаусса для нерастяжимых поверхностей. Б.Л.Лаптев и Б.А.Розенфельд в очерке «Геометрия» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981) констатируют: «Существенный вклад в решение различных задач топологии внес К.Жордан. В работе «О деформации поверхности» (1866) Жордан распространил поставленную Гауссом задачу нахождения необходимых и достаточных условий наложимости двух гибких и нерастяжимых поверхностей друг на друга без складок и разрывов на растяжимые поверхности и доказал, что для того, чтобы две гибкие и растяжимые поверхности или их части были бы наложимы друг на друга без складок и разрывов, необходимо и достаточно, чтобы число контуров, ограничивающих части поверхностей, было бы одним и тем же...» (Лаптев, Розенфельд, 1981, с.103).



«Не заботясь о своем приоритете, Эрмит постоянно делился своими идеями, соображениями, уже начатыми исследованиями, руководствуясь единственным принципом, достойным истинного ученого: важен лишь итог – открытие, а кому оно принадлежит - второстепенно».

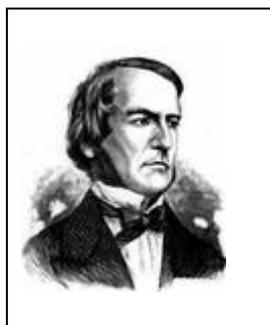
Е.П.Ожигова о Шарле Эрмите

**105) Аналогия Шарля Эрмита.** Шарль Эрмит разработал алгоритм обобщения непрерывных дробей по аналогии с алгоритмом, использованным Карлом Якоби (1834) для установления невозможности существования функции одной переменной с тремя периодами. Е.П.Ожигова в книге «Шарль Эрмит» (1982) пишет о статье Карла Якоби, которая натолкнула Эрмита на создание указанного алгоритма: «Эта статья Якоби, впервые опубликованная в журнале Крелле в 1834 г. и уже однажды побудившая Эрмита взяться за исследования, о сути которых он сообщает ее автору в первых своих письмах, теперь, изученная повторно, порождает новые идеи и соображения, которыми он спешит поделиться с Якоби. В частности, особый алгоритм, примененный тем для установления невозможности существования функции одной переменной с тремя периодами, подал Эрмиту мысль применить аналогичное рассуждение совсем к другому вопросу – к созданию алгоритма обобщения непрерывных дробей. Этот новый алгоритм он сразу же использовал для аппроксимации иррациональных величин и в других задачах» (Ожигова, 1982, с.47).

**106) Аналогия Шарля Эрмита.** Шарль Эрмит (1843) построил теорию абелевых (трансцендентных) функций по аналогии с теорией эллиптических функций, важный вклад в которую внес К.Якоби. Другими словами, Эрмит распространил на трансцендентные абелевы функции теоремы, данные Абелем и Якоби для деления аргументы в эллиптических функциях. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел» (редакторы – А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1978) отмечается: «По совету Лиувилля в январе 1843 г. Эрмит написал К.Якоби о своих исследованиях, посвященных делению абелевых трансцендентных. Он распространил на абелевы функции теоремы, данные Абелем и Якоби для деления аргумента в эллиптических функциях. Письмо встретило восторженный прием Якоби» («Математика 19 века», 1978, с.124). Об этой же аналогии Эрмита пишет Е.П.Ожигова в книге «Шарль Эрмит» (1982): «Эрмит распространил результаты, известные для эллиптических функций, на функции более общего вида. Изучение статьи Якоби привело

Эрмита к теореме о делении аргумента абелевых функций, аналогичной утверждению Якоби для получения более простого выражения корней уравнений, рассмотренных Абелем» (Ожигова, 1982, с.133). В другом месте своей книги Е.П.Ожигова вновь говорит об аналогии Эрмита: «Эрмит распространил на абелевы функции теоремы, данные Абелем и Якоби для деления аргумента в эллиптических функциях. То, что умели делать для уравнения с одной неизвестной в теории эллиптических функций, он сумел осуществить для уравнений с несколькими неизвестными, с помощью которых производят деление абелевых функций, полученных при интегрировании квадратичных корней» (там же, с.21).

**107) Аналогия Петера Лежена-Дирихле.** Лежен-Дирихле (1841) расширил арсенал идей и методов теории квадратичных форм, когда по аналогии перенес в нее теорему об арифметических прогрессиях. Когда Дирихле нашел доказательство теоремы об арифметических прогрессиях, проведенное аналитическим способом, он по аналогии перенес это доказательство на прогрессии и квадратичные формы с комплексными коэффициентами. Дирихле сам признается, что доказательство указанной теоремы для случая, когда разность прогрессии – простое нечетное число, найдено им по аналогии с рассуждением Эйлера в 229 параграфе 15 главы 1-го тома «Введение в анализ бесконечных» (1748). В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел» (1978) указывается: «В работе «Об одном свойстве квадратичных форм» (1840) теорема об арифметических прогрессиях была распространена на квадратичные формы: каждая квадратичная форма, три коэффициента которой не имеют общего делителя, представляет бесконечно много простых чисел» («Математика 19 века», 1978, с.156). «Наконец, - утверждает в той же книге, - в «Исследованиях по теории комплексных чисел» (1841) Дирихле перенес теорему на целые комплексные числа...» (там же, с.156). Не приводя никаких сложных математических формул, процитируем А.А.Карацубу, который в статье «Эйлер и теория чисел» (сборник докладов на конференции «Леонард Эйлер и современная математика», МИАН, 2008) указывает: «Идею Эйлера доказывать бесконечность множества простых чисел с помощью тождества (1) применил в 1837 г. Дирихле к доказательству теоремы о бесконечности множества простых чисел, принадлежащих арифметической прогрессии с разностью  $K$  и первым членом  $L$ , где  $1 \leq L < K$ ,  $(L, K) = 1$ » (Карацуба, 2008, с.26).



«Поворотный пункт в истории логики наступил в 1847 г., когда Джордж Буль (1815-1864), ученый-самоучка, сын бедного английского сапожника, опубликовал статью «Математический анализ логики». Эта и некоторые другие работы принесли Булю известность, и он, не имея ученой степени, получил приглашение занять должность профессора математики в Куинз-Колледж Ирландского города Корка».

Мартин Гарднер

**108) Аналогия Джорджа Буля.** Английский математик Джордж Буль (1815, 1864) заложил основы математической логики, то есть построил теорию логических (булевых) функций, аргументами и значениями которых являются «истина» и «ложь», основываясь на аналогии между логическими и алгебраическими действиями. В книге «Энциклопедия изобретений и открытий человечества» (2006) Е.В.Кузина, О.В.Ларина и другие отмечают следующее: «Основы математической логики сформулировал английский математик Джордж Буль в своем труде «Исследование законов мышления» (1854). В основе математической логики лежат так называемые булевы функции (функции, аргументами и значениями которых являются «истина» и «ложь»). Буль первым показал, что существует аналогия между алгебраическими и логическими действиями, так как и те и другие предполагают лишь два варианта ответов – «истина» или «ложь», «нуль» или «единица». Он придумал систему обозначений и правил, пользуясь которыми можно было закодировать любые высказывания,

а затем манипулировать ими, как обычными числами» (Кузина, Ларина и другие, 2006, с.93). О том, что Д.Буль разработал математический аппарат формальной логики по аналогии с алгебраическим исчислением, пишет Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007): «Действительно, с развитием алгебры нельзя было не заметить аналогии, существующей между правилами формальной логики и правилами алгебры: и те и другие обладают тем общим свойством, что они применимы к неопределенным объектам (высказываниям или числам). И когда в 17 в. алгебраические обозначения приняли окончательную форму в трудах Виета и Декарта, почти сейчас же начинают возникать различные попытки символических записей для выражения логических операций...» (Бурбаки, 2007, с.14). «...Буль и Шредер, - указывает Бурбаки, - даже считали, по-видимому, своей основной целью развитие алгебры Буля, копируя ее методы и проблемы с классической алгебры (часто довольно искусственным образом)» (там же, с.18). Наконец, в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) отмечается: «Аналогия, которая привела к созданию алгебры логики, заключалась в том, что всякое решение задачи с помощью составления и решения уравнений, является по существу выводом следствий из условий задачи. Идея, которой руководствовался Буль, состояла в попытке распространить алгебраические методы на задачи любого, не только количественного содержания» («Математика 19 века», 1978, с.38).

**109) Аналогия Георга Кантора.** Георг Кантор (1872) создал теорию точечных множеств в евклидовом пространстве по аналогии с теорией функций действительного переменного. Понятие верхнего и нижнего предела точечных множеств возникло по аналогии с понятием верхнего и нижнего предела функций. Кантор опирался также на теорию функций комплексного переменного, сформулированную Риманом. Кантор сформулировал в теории множеств операцию включения одного множества в другое по аналогии с операцией делимости одного числового поля на другое, операцию пересечения множеств – по аналогии с нахождением наибольшего общего делителя двух числовых полей, а операцию суммирования двух множеств – по аналогии с определением наименьшего общего кратного. Кроме того, Кантор использовал аналогию с теорией тригонометрических рядов. Элементы теории множеств проглядывали сквозь проблемы о множестве точек, в которых сходится или расходится тригонометрический ряд данной функции (Ф.А.Медведев, «Очерки истории теории функций действительного переменного», 1975).

**110) Аналогия Георга Кантора.** Г.Кантор (1891) использовал знаменитый диагональный метод для доказательства существования множеств возрастающих мощностей по аналогии с исследованиями Пауля Дюбуа-Реймона, который при помощи того же диагонального метода доказал недостаточность счетной шкалы логарифмических функций для сравнения порядков роста всех непрерывных функций. Тот же метод Г.Кантор применил при доказательстве теоремы о невозможности взаимно однозначного соответствия между действительными и натуральными числами (то есть теореме о том, что мощность континуума превосходит мощность любого счетного множества). Здесь Г.Кантор действовал по аналогии с работой Дюбуа-Реймана, в которой тем же методом обосновывалась теорема об отсутствии взаимно однозначного соответствия между множеством порядков роста логарифмических функций и множеством порядков роста всех непрерывных возрастающих функций (Ф.А.Медведев, «Развитие теории множеств в 19 веке», 1965).

**111) Аналогия Георга Кантора.** Г.Кантор (1895) построил теорию абстрактных множеств по аналогии со своей теорией точечных множеств. Ф.А.Медведев в книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) отмечает: «...Еще в 1895 г. Кантор начал перенос ряда понятий теории точечных множеств на абстрактные множества. При этом в его работе не чувствуется назревших тогда потребностей развивающейся математики в таком переносе, хотя их можно было заметить в работах группы итальянских математиков 80-90-х годов (Вольтерра,

Арцелла, Асколи, Пинкерле), а также у ряда других математиков. И все же основная идея кантора – перенос на абстрактные множества в первую очередь понятия предела, а через него понятий замкнутого и совершенного множества, - оказалась правильной» (Медведев, 1965, с.220).

**112) Аналогия Д.Асколи и Ч.Арцела.** Итальянские математики Д.Асколи и Ч.Арцела разработали теорию множеств геометрических кривых по аналогии с теорией точечных множеств Г.Кантора. Они перенесли на множества кривых ряд понятий и теорем теории точечных множеств. Ф.А.Медведев в книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) указывает: «В 80-х годах преимущественно в работах итальянских математиков начался процесс изучения новых множеств, образованных из кривых, поверхностей и т.п. Инициаторами этого были Д.Асколи и Ч.Арцела, которые перенесли ряд понятий и теорем теории точечных множеств на множества кривых. Такой перенос стал особенно настоящим после введения В.Вольтерра достаточно общего понятия функционала. Действительно, одним из истоков теории множеств было изучение структуры аргумента функции. После того как Вольтерра ввел функционалы, которые он сам рассматривал как функции, аргумент которых имеет более общую природу, чем у классической функции... закономерным было желание изучить природу такого аргумента» (Медведев, 1965, с.159). В другом месте той же книги Ф.А.Медведев повторяет свою мысль: «Фактически изучение функционалов нередко сопровождалось предварительным изучением множеств, на которых они заданы. К тому же эталон, которому можно было следовать при таком изучении, - теория точечных множеств, - уже существовал. И первоочередной задачей в создававшемся функциональном анализе была задача переноса свойств точечных множеств на множества иной природы. Такой перенос мог осуществляться двумя способами. Во-первых, через непосредственное изучение различных специальных множеств, отличных от множеств точек. По этому пути, как мы говорили, шли Арцела и некоторые другие» (Медведев, 1965, с.221).



«Однажды Вейерштрасс утром не явился на урок, и его ученики подняли шум в классе. Тогда директор сам пошел на квартиру к Вейерштрассу и обнаружил, что он всю ночь прозанимался математикой и, не заметив, что уже наступило утро, сидел с лампой, продолжая свои размышления. В результате появилась статья Вейерштрасса по теории функций Абеля, напечатанная в журнале Крелля, с датой 11 сентября 1853 г.»

П.Я.Полубаринова-Кочина о Карле Вейерштрассе

**113) Аналогия Карла Вейерштрасса.** Карл Вейерштрасс построил теорию алгебраических минимальных поверхностей (МП) в результате того, что перенес в теорию поверхностей идеи и методы теории функций комплексного переменного. Е.М.Полищук в книге «Софус Ли» (1983) указывает: «Новая глава теории открылась после того, как Вейерштрасс обнаружил связь МП с аналитическими функциями комплексного переменного. Это позволило ему, в частности, получить важные результаты в теории алгебраических МП» (Полищук, 1983, с.99).

**114) Аналогия Карла Вейерштрасса.** Вейерштрасс (1876) открыл теорему о том, что любая целая трансцендентная функция выражается через произведение определенного числа первичных множителей по аналогии с тем, что любой целый многочлен выражается через произведение тех же линейных множителей. До Вейерштрасса эту аналогию проводил Л.Эйлер. В книге «Математика 18 столетия» (редактор – А.П.Юшкевич, 1972) констатируется: «Трактуя функции  $\cos z$ ,  $\sin z$  как своего рода многочлены бесконечно высокой степени, Эйлер предвосхитил идеи, получившие развитие в том отделе теории аналитических функций, где изучаются так называемые целые трансцендентные функции,

являющиеся аналитическими во всей плоскости комплексного переменного. Свойства этого класса функций в некоторой мере сходны со свойствами обыкновенных целых многочленов. Подобно тому, как любой многочлен степени  $n$  есть произведение  $n$  линейных множителей, каждый из которых имеет один корень, любая целая трансцендентная функция с бесконечным числом корней выражается через произведение бесконечного числа первичных множителей, каждый из которых имеет по одному корню. Эту теорему опубликовал Вейерштрасс в 1876 г. » («Математика 18 столетия», 1972, с.330). Об этой же аналогии пишет Ф.Клейн в книге «Лекции о развитии математики в XIX столетии» (1937): «Несмотря на свое явное равнодушие к теории чисел как к самостоятельной математической дисциплине Вейерштрасс все же занимался, как уже сказано выше, законом разложения чисел на простые множители, однозначно определенные с точностью до единиц. Перед ним реал теоретико-функциональный идеал – создать в теории функций закон, аналогичный этому» (Клейн, 1937, с.330).

**115) Аналогия Карла Вейерштрасса.** К.Вейерштрасс (1876) сформулировал теорему о разложимости целых функций в бесконечное произведение по аналогии с исследованиями Л.Эйлера (1734), которому удалось разложить в бесконечное произведение целую синусоидальную функцию. Это разложение представлялось Эйлеру естественным аналогом разложения многочлена на множители. Кроме того, К.Вейерштрасс по аналогии опирался на исследования К.Гаусса и его ученика Эйзенштейна. К.Вейерштрасс по аналогии заимствовал у К.Гаусса показательный множитель, который позволяет достичь абсолютной сходимости и который сам Гаусс (1812) использовал при разложении гамма-функции. Эйзенштейн не смог исчерпывающим образом решить задачу представления эллиптических и других функций в виде бесконечных произведений, так как он не был знаком с показательным множителем Гаусса. Ф.Клейн в книге «Лекции о развитии математики в XIX столетии» (1937) указывает: «Если мы будем искать, что побудило Вейерштрасса заняться представлением своих функций в виде бесконечных произведений, то найдем, что основным предшественником Вейерштрасса в этом вопросе был Эйзенштейн, богато одаренный, но рано умерший математик, о котором я уже много раз упоминал» (Клейн, 1937, с.332). Далее Ф.Клейн говорит о том, откуда взял Вейерштрасс показательный множитель: «Вейерштрасс почерпнул свою идею, как он сам указывает, у Гаусса, поступившего аналогично в 1812 г. при разложении гамма-функции в произведение (гипергеометрический ряд, Гаусс, т.3, стр.145). Эта ссылка на Эйзенштейна не дает, однако, нам оснований к недооценке великой работы Вейерштрасса. Создание единой теории из разрозненных деталей и результатов отдельных исследований всегда является высокой заслугой» (там же, с.338).

**116) Аналогия Карла Вейерштрасса.** К.Вейерштрасс сформулировал теорему о представлении абелевых функций в виде дробей с общим знаменателем по аналогии со своей же теоремой о представлении эллиптических функций в виде тех же дробей. Вейерштрасс искренне гордился этими результатами, полученными в теории аналитических функций. А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981) отмечает: «Вейерштрасс считает своим главным достижением то, что ему удалось распространить метод, примененный в его самой первой работе об эллиптических функциях 1840 г. («О разложении модулярных функций») на абелевы функции и установить, что все функции могут быть представлены в форме дробей с общим знаменателем, причем числители и знаменатели разлагаются во всюду абсолютно сходящиеся ряды...» (Маркушевич, 1981, с.231).

**117) Аналогия Виктора Пюизе.** В.Пюизе (1850, 1851) построил теорию алгебраических функций по аналогии с теорией функций комплексной переменной О.Коши. А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций», содержащемся в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) пишет:

«Возвратимся к алгебраическим функциям. Не делая их предметом специального изучения, Коши все же создал все средства, необходимые для построения их теории, которыми и воспользовался Пюизе. Этими средствами являлись, прежде всего, комплексное интегрирование, приводившее при помощи интеграла Коши к степенному разложению функции, и (более специально) теорема Коши о неявных функциях» (Маркушевич, 1981, с.178). «Повторяем, - продолжает он, - что сам Коши не делал этих выводов из своей теории. Он вообще не выделял класс алгебраических функций как особый объект изучения в анализе. Заслуга такой постановки вопроса и первые сюда относящиеся результаты принадлежат французскому математику и астроному В.Пюизе, считавшему, впрочем, необходимым подчеркнуть в своих исследованиях, что он опирается на труды Коши и развивает его идеи» (там же, с.179). Теорема В.Пюизе о том, что значения алгебраической функции в достаточно близких точках должны быть сколь угодно близкими между собой, была подсказана ему теоремой Коши о непрерывности корней функции комплексной переменной. Факт независимости интеграла алгебраической функции от пути интегрирования был обнаружен В.Пюизе по аналогии с интегральной теоремой Коши, имеющей аналогичное содержание. В.Пюизе перенес на алгебраические функции результат Коши из теории комплексных функций: подстановка индексов, выражающих значения функций, удовлетворяющих данному уравнению, является произведением некоторого числа циклических. Маркушевич пишет о работе Пюизе: «В этой работе точно сформулировано понятие алгебраической функции, детально изучено ее поведение в окрестности особых точек с выявлением теоретико-группового характера соответствующих закономерностей, рассмотрен на примере алгебраической функции процесс аналитического продолжения посредством степенных рядов, установлено значение для теории функций топологических (точнее говоря, гомотопических) свойств замкнутых кривых в многосвязной области, дано общее определение периода абелевых интегралов и изучены их свойства в ряде важных частных случаев (в частности, для ультраэллиптических интегралов). Эти и смежные с ней работы сразу обеспечили Пюизе широкую известность» (там же, с.179).

**118) Аналогия Виктора Пюизе.** В.Пюизе открыл геометрический метод определения циркулярных систем (систем циклических функций), соответствующих данной критической точке, по аналогии со знаменитым методом параллелограмма Ньютона. В книге «Математика 17 столетия» (редактор – А.П.Юшкевич, 1970) констатируется: «Но все значение «параллелограмма Ньютона» выяснилось только в 19 веке при построении методами функций комплексного переменного теории алгебраических функций и их интегралов. Здесь прием Ньютона широко использовал В.Пюизе (1850), исследуя свойства многозначных алгебраических функций вблизи критических точек, причем он впервые рассмотрел вопрос о сходимости получаемых при этом обобщенных степенных рядов» («Математика 17 столетия», 1970, с.51).

**119) Аналогия Виктора Пюизе.** В.Пюизе ввел понятие периода интеграла алгебраической функции, понятие целочисленной линейной комбинации элементарных интегралов, выражающих эту функцию, и нашел метод отыскания всех различных целочисленных линейно независимых между собой периодов, руководствуясь аналогией с эквивалентными понятиями из теории эллиптических функций К.Якоби. Пюизе дал правильную трактовку периода алгебраической функции по аналогии с идеей О.Коши о происхождении периода эллиптических интегралов. А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций», содержащейся в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) подчеркивает: «В отношении самого понятия периода Пюизе указывает на Коши как на своего предшественника, который в заметке 1846 г. «Новые соображения об определенных интегралах, распространенных на все точки замкнутой кривой» сделал некоторые замечания о происхождении периодов интегралов от рациональной функции, а в одной неизданной работе объяснил тем же путем (т.е. посредством комплексного интегрирования) и

происхождение периодов эллиптических интегралов; но его трактовка вопроса не была достаточно полной и общей» (Маркушевич, 1981, с.187).

**120) Аналогия Геста Миттаг-Леффлера.** Ученик Вейерштрасса Миттаг-Леффлер (1877) сформулировал теорему о разложении трансцендентной мероморфной функции в сумму дробей по аналогии с теоремой о разложении дробной рациональной функции в сумму простейших дробей. В книге «Математика 18 столетия» (редактор – А.П.Юшкевич, 1972) отмечается: «Мероморфные функции аналитичны во всей плоскости, в которой они обращаются в бесконечность так называемых полюсов и которые соответствуют корням знаменателя. Г.Миттаг-Леффлер в 1877 г. обобщил на трансцендентные мероморфные функции теорему о разложении дробной рациональной функции в сумму простейших дробей, каждая из которых имеет по одному полюсу» («Математика 18 столетия», 1972, с.330). Об этом же говорит А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций», содержащейся в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981): «Если теорема Вейерштрасса являлась обобщением для целых трансцендентных функций теоремы о разложении многочлена на линейные множители, то естественно вставал вопрос об обобщении на случай любых мероморфных функций теоремы о представлении рациональной функции в виде суммы простейших дробей. Утвердительный ответ был получен и опубликован в следующем году учеником Вейерштрасса, шведским ученым... Геста Миттаг-Леффлером (1846-1927) в статье «Аналитическое представление функции рационального характера с произвольно выбранной граничной точкой» (Маркушевич, 1981, с.224).



«...Куммер, жадный до вычислений подобно всем другим великим математикам, шел к своим открытиям не при помощи абстрактных размышлений, а накапливанием опыта в проведении многочисленных конкретных вычислительных примеров. Умение хорошо считать ценится теперь не слишком высоко, и мысль о том, что вычисления могут доставлять удовольствие, редко высказывается вслух».

Г.Эдвардс об Эрнсте Куммере

**121) Аналогия Эрнста Куммера.** Выдающийся математик Э.Куммер (1847) сформулировал теорему об однозначности разложения идеальных комплексных чисел на простые множители по аналогии с теоремой об однозначности разложения вещественных чисел на те же простые множители. Эта аналогия оказалась достижима для Куммера только после того, как он ввел в математику так называемые идеальные множители. Без этих идеальных объектов аналогия между комплексными и вещественными (действительными) числами нарушалась, то есть не удавалось добиться однозначности разложения комплексных чисел на простые множители. В книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) Ф.А.Медведев пишет: «...Как в 1847 г. обнаружил Куммер, даже для достаточно простых полей, например некоторых полей деления круга, нарушается однозначность разложения на простые сомножители, т.е. неразложимые в таких полях числа не обладают тем фундаментальным свойством обычных простых чисел, что произведение двух или более сомножителей не может делиться на простое число, если, по крайней мере, один из сомножителей не делится на это простое число. Тем самым теория делимости целых чисел в полях подобного рода теряла сходство, и притом довольно радикальным образом, с классической теорией делимости. Задавшись целью сделать теорию делимости в кольцах целых чисел полей деления круга подобной обычной, Куммер решил рассматривать те неразложимые числа, которые не обладают отмеченным свойством простых чисел, как разложимые на некоторые идеальные сомножители. Тем самым к изучаемому полю добавлялись некоторые воображаемые элементы – идеальные числа Куммера. Эти идеальные числа не содержались в рассматриваемом поле, а вносились в него как некоторые

посторонние элементы...» (Медведев, 1965, с.79). Уже после того, как Куммер использовал свои идеальные объекты, он ввел отношение эквивалентности двух идеальных множителей и разбил все множители на классы эквивалентных по аналогии с методами Лагранжа и Гаусса в теории квадратичных форм. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков указывают: «...Куммер вводит отношение эквивалентности двух множителей и разбивает все множители на классы эквивалентных. В этом он следует по пути, проложенному Лагранжем и Гауссом в теории квадратичных форм. Куммер доказывает конечность числа классов идеальных множителей, применяя тот же метод, каким еще Лагранж доказывал конечность числа классов квадратичных форм данного дискриминанта. А именно каждому классу идеальных чисел ставится в соответствие элемент этого класса, норма которого не превосходит некоторого числа (в случае квадратичных форм этим элементом будет приведенная форма)» («Математика 19 века», 1978, с.97). Таким образом, аналогия Куммера относится к категории аналогий, опирающихся на идеализацию, на процедуру отбрасывания или, наоборот, приписывания той или иной системе параметров, которыми она реально не обладает.

**122) Аналогия Эрнста Куммера.** Э.Куммер ввел в теорию чисел понятие эквивалентности двух дивизоров (двух идеальных комплексных чисел) по аналогии с понятием эквивалентности квадратичных форм, введенным К.Гауссом. Г.Эдвардс в книге «Последняя теорема Ферма» (1980) указывает, что Э.Куммер практически не оставил свидетельств этой аналогии, но необходимо учитывать, что опора на теорию бинарных квадратичных Гаусса – самый простой путь открытия понятия эквивалентности двух дивизоров. Г.Эдвардс пишет: «Совершенно таинственным выглядит то, что Куммер никогда не публиковал никаких подробностей этой связи между бинарными квадратичными формами и идеальными комплексными числами (дивизорами) вида  $x + y\sqrt{D}$ . Несколько нечетких замечаний в его сообщении 1846 года и еще несколько отрывочных указаний в более поздних трактатах, – вот и все, что он сказал по этому поводу, или, во всяком случае, все, что сохранилось. Таким образом, хотя кажется вполне определенным, что аналогия с гауссовой теорией сыграла некоторую роль в возникновении понятия эквивалентности дивизоров, точную роль этой аналогии мы уже не сможем установить» (Г.Эдвардс, 1980).

**123) Аналогия Эрнста Куммера.** Э.Куммер (1874) построил дифференциальную геометрию конгруэнций прямых по аналогии с дифференциальной геометрией поверхностей Гаусса. Куммер открыл две квадратичные формы, соответствующие сферическому изображению конгруэнции и определяющие эту конгруэнцию с точностью до движения в пространстве, по аналогии с двумя квадратичными формами Гаусса, соответствующими сферическому изображению поверхности. Б.Л.Лаптев и Б.А.Розенфельд в очерке «Геометрия», содержащемся в книге «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» (1981) пишут: «Дифференциальная геометрия конгруэнций прямых была построена аналогично дифференциальной геометрии поверхностей Гаусса в «Общей теории систем прямолинейных лучей» (1874) Э.Куммера» (Лаптев, Розенфельд, 1981, с.32).

**124) Аналогия Леопольда Кронекера.** Л.Кронекер открыл теорему тензорного умножения пространств, то есть теорему умножения тензоров, которая вошла в состав тензорного исчисления, по аналогии с теоремой умножения матриц. Интересно, что В.Клиффорд (1876) открыл теорему умножения тензоров по аналогии с теоремой умножения кватернионов Гамильтона. Он сделал это независимо от Кронекера. В общем случае необходимо отметить, что теория тензоров (тензорное исчисление) возникла по аналогии с теорией матриц и теорией инвариантов Д.Сильвестра и А.Кэли. Тензорное исчисление, являющееся аналогом теории инвариантов, было создано Риччи и Леви-Чивита в 1900 году. Тензорное исчисление – это теория инвариантов, сформулированная на языке дифференциальной геометрии (Н.Бурбаки, «Очерки по истории математики», 2007).

**125) Аналогия Леопольда Кронекера.** Л.Кронекер получил ряд важных аналитических результатов в теории мнимых квадратичных полей и их абелевых расширений, когда стал по аналогии переносить в эту область совокупность результатов Куммера о числах классов круговых полей. Поскольку задача такого переноса включает в себя огромное количество подзадач и представляет собой целую программу развития определенного направления математики, Л.Кронекер не смог решить эту задачу полностью. А.Вейль в книге «Эллиптические функции по Эйзенштейну и Кронекеру» (1978) пишет: «Кронекер хотел распространить на мнимые квадратичные поля и их абелевы расширения всю совокупность результатов Куммера о числах классов круговых полей и их  $p$ -адических свойствах. Видимо, именно эту грандиозную программу Кронекер собирался выполнить в своей серии работ, представленных Берлинской Академии. Излишне говорить, что он ее не завершил. Он успел с известной полнотой построить лишь аналитическую часть. Целое созвездие позднейших авторов: Вебер, Фютер, Хассе, Гекке, Мейер, Зигель, Рамачандра – занимались оставшимися вопросами, но, возможно, не исчерпали даже чисто арифметических аспектов ситуации» (Вейль, 1978, с.105).

**126) Аналогия Юлиуса Дедекинда.** Ю.Дедекинд построил математическую теорию идеалов по аналогии с математической теорией сечений. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел» (1978) И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков констатируют: «Таким образом, и в теории сечений, и в теории идеалов Дедекинд шел по одному и тому же пути: он находил основные определяющие свойства некоторых объектов (сечений, порожденных рациональным числом, или множеств целых чисел, делящихся на некоторое число), затем брал эти свойства в качестве аксиом и получал новую область (множество всех сечений области или множество всех идеалов поля), которая была шире старой и содержала старую как частный случай. При этом новая область обладала нужными свойствами: в случае сечений – полнотой, в случае теории идеалов – законом однозначности разложения на простые множители. К этому следует добавить, что Дедекинд применил впоследствии тот же прием и в третий раз, а именно при построении арифметики полей алгебраических функций; тем же способом была определена точка римановой поверхности» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.114).

**127) Аналогия Юлиуса Дедекинда.** Ю.Дедекинд построил теорию иррационального числа по аналогии с математической теорией отношений Евдокса. Д.Я.Стройк в книге «Краткий очерк истории математики» (1984) отмечает: «Современная теория иррационального числа, построенная Дедекиндом и Вейерштрассом, почти буквально следует ходу мыслей Евдокса, но она открывает значительно более широкие перспективы, благодаря использованию современных математических методов» (Стройк, 1984, с.64). Евдоксова теория отношений, по аналогии с которой Дедекинд разработал современную теорию иррационального числа, была создана еще в эпоху античности и заменила теорию соизмеримых величин Пифагора. Стройк характеризует теорию Евдокса следующим образом: «Евдоксова теория отношений покончила с арифметической теорией пифагорейцев, применимой только к соизмеримым величинам. Это была чисто геометрическая теория, изложенная в строгой аксиоматической форме, и она сделала излишними какие-либо оговорки относительно несоизмеримости или соизмеримости рассматриваемых величин» (там же, с.64). Об аналогии между концепцией числа Дедекинда и теорией несоизмеримых величин Евдокса пишет и К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974): «Мы уже упоминали о некоторых аналогиях между античной теорией отношений и современными теориями действительного числа. Наибольшее основание для подобных аналогий дает теория сечений Дедекинда» (Рыбников, 1974, с.58). Далее Рыбников добавляет: «Сам Дедекинд не отрицал возможности подобной аналогии, указывая лишь на то, что в теории Евдокса не учтен фактор непрерывности» (там же, с.58). В книге «История математики с древнейших времен до начала нового времени» (редактор –

А.П.Юшкевич, 1970) отмечается: «Между теориями Евдокса и Дедекинда существует столь глубокая аналогия, что Р.Липшиц спрашивал Дедекинда в одном из писем, что же он сделал нового по сравнению с древним» (Юшкевич, 1970, с.97).

**128) Аналогия Юлиуса Дедекинда и Генриха Вебера.** Ю.Дедекинд и Г.Вебер (1882) построили теорию алгебраических функций одной переменной, когда обнаружили аналогию между целыми числами произвольного числового поля и алгебраическими функциями на произвольной римановой поверхности, простирающейся над определенной плоскостью. Аналогия между теорией чисел и теорией функций, подмеченная Дедекиндом и Вебером, состоит в том, что в обеих теориях существует неприводимое уравнение с целыми рациональными коэффициентами, существует поле, состоящее из чисел и функций, а также возможность разложения всех целых алгебраических чисел и функций на идеальные множители. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей» (1978) И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков говорят о теории функций: «Алгебраизация этой области началась с того, что вся теория Дедекинда была перенесена им самим в совместной работе с Г.Вебером (1882) в поле алгебраических функций. Этим был установлен глубокий параллелизм между теориями алгебраических чисел и функций и сделан решающий шаг для абстрактного определения понятий модуля, поля, кольца и идеала. С конца прошлого века начался обратный поток идей от теории алгебраических функций к теории чисел...» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.43). Те же авторы указывают: «При построении своей теории Дедекинд и Вебер руководствовались аналогией между алгебраическими функциями и алгебраическими числами, которая была уже давно замечена. Еще Стевин обратил внимание, что многочлены от одного переменного ведут себя как целые числа, причем неприводимые многочлены играют роль простых чисел. Стевин ввел для многочленов алгоритм Евклида, с помощью которого можно доказать, что каждый многочлен однозначно представляется в виде произведения неприводимых. Впоследствии на многочлены был перенесен и метод сравнений. Однако вся глубина аналогии была выявлена только после рассматриваемого нами мемуара Дедекинда и Вебера» (там же, с.116). Со слов Башмаковой и Рудакова, проанализировавших исследования Дедекинда и Вебера, «авторы начинают с построения поля функций, отвечающего классу Римана, развивают для этого поля теорию, полностью аналогичную теории алгебраических чисел, определяют в этом поле модули и идеалы и только затем с помощью развитой теории строят точки римановой поверхности» (там же, с.116). Задачу переноса понятий теории чисел в теорию функций ставил еще Вейерштрасс. Дедекинд распространил на алгебраические функции созданную Куммером теорию разложения алгебраических чисел на единицы и идеальные простые множители. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) отмечает: «Начиная с первых же последователей Гаусса, понятие поля (алгебраических чисел) лежит в основе всех работ по этому вопросу (так же, впрочем, как и в основе изысканий Абеля и Галуа по алгебраическим уравнениям). Область применения этого понятия увеличивается, когда Дедекинд и Вебер строят теорию алгебраических функций одной переменной, копируя ее с теории алгебраических чисел» (Бурбаки, 2007, с.71).

**129) Аналогия Юлиуса Дедекинда.** Ю.Дедекинд (1871), разделяющий с Г.Кантором славу создания теории точечных множеств, открыл в этой теории теорему умножения множеств по аналогии с операцией нахождения наибольшего общего делителя, а теорему сложения множеств – по аналогии с операцией нахождения наименьшего общего кратного. Другими словами, Дедекинд разработал предварительный вариант теории множеств по аналогии с теорией чисел. Ф.А.Медведев в книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) отмечает: «В 1871 г. Дедекинд ввел операции включения, пересечения и суммы множеств только для частных случаев множеств алгебраических чисел. Как показывает терминология, введенная Дедекиндом для обозначения этих операций (делитель, наименьший общий делитель,

наименьшее общее кратное), он сознательно руководствовался аналогией, имеющейся между ними и соответствующими операциями теории чисел. Обычно указывают на аналогию между арифметическими операциями умножения и сложения и теоретико-множественными (или логико-математическими) операциями пересечения и суммы. Эта аналогия, однако, далеко не полна» (Медведев, 1965, с.83).

**130) Аналогия Адольфа Кнезера.** Выдающийся математик А.Кнезер (1900) построил геометрическую теорию вариационного исчисления по аналогии с теорией геодезических линий на поверхности (теорией конформного отображения поверхностей), разработанной Гауссом и Дарбу. В книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (редакторы – А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1987) отмечается: «Геометрическая теория Кнезера построена им в учебнике 1900 г. Она основана на плодотворной мысли о распространении на общие вариационные задачи понятий и законов теории геодезических линий на поверхности, развитой главным образом в работах Гаусса и Дарбу. В своих работах по геодезии и геофизике Гаусс подошел к проблеме построения общей теории поверхностей. В 1812-1816 гг. он изучал геодезические линии эллиптического сфероида. В 1816 г., обобщая проблемы картографии, Гаусс пришел к общему вопросу о конформном отображении произвольных поверхностей друг на друга...» («Математика 19 века», 1987, с.218). «Г.Дарбу (1889), - поясняется в той же книге, - при исследовании геодезических линий на поверхности исходит из того, что каждая точка рассматриваемого куска поверхности однозначно определяется с помощью координат  $u$  и  $v$ , т.е. основывается на том, что геодезические образуют поле. Методы Дарбу Кнезер распространил на вариационную задачу об экстремуме интеграла...» (там же, с.218). Со слов авторов указанной книги, «Кнезер рассмотрел семейство экстремалей и семейство трансверсалей и построил криволинейную систему координат, основываясь на теоремах, аналогичных приведенным выше теоремам Гаусса» (там же, с.219). Кнезер открыл условия трансверсальности для вариационных экстремалей по аналогии с условиями ортогональности для геодезических линий Гаусса. Сумев понять, что экстремали – это геодезические линии, а трансверсали – это ортогональные траектории, Кнезер смело перенес в вариационное исчисление многочисленные идеи теории геодезических линий на поверхности. Исследования Кнезера получили похвалу Д.Гильберта. «Гильберт, - отмечают те же авторы, - высоко оценил исследования Кнезера. Говоря о том, что вариационное исчисление, по его мнению, «еще не пользуется в широких кругах тем уважением, какое ему подобает», он писал: «Тем значительнее тот факт, что Кнезер в недавно появившемся сочинении представил вариационное исчисление с новой точки зрения и на современном уровне строгости» (там же, с.220).



«Гильберт брался за решение сложнейших проблем во всех областях современной математики, и каждый раз добивался блистательных успехов. Он как будто олицетворял собой лучшие традиции великих гениев прошлого. В моих глазах он был как раз таким ученым, которым я хотел бы стать сам: необычайно острое абстрактное мышление сочеталось у него с поразительным умением не отрываться от конкретного физического смысла проблемы».

Норберт Винер о Давиде Гильберте

**131) Аналогия Давида Гильберта.** Давид Гильберт, руководствуясь аналогией между числовыми и функциональными полями, перенес в теорию групп Галуа, которую он считал частью теории чисел, совокупность теорем, полученных Б.Риманом в теории функций. Ф.Клейн в книге «Лекции о развитии математики в 19 столетии» (1937) пишет: «Я хочу дать здесь понятие об основном принципе, которым Гильберт руководствовался при этом, а

именно о принципе внутренней аналогии между числовыми и функциональными телами. Я делаю это тем охотнее, что Гильберт сам высказался по этому поводу только позже и мимоходом, а именно в своем докладе «Математические проблемы» на Парижском международном математическом конгрессе 1900 г.» (Клейн, 1937, с.378).

**132) Аналогия Давида Гильберта.** После того, как Дарбу (1889) установил, что геодезические линии на поверхности образуют поле, Д.Гильберт по аналогии распространил это положение на вариационное исчисление, сформулировав теорию поля экстремалей (концепцию экстремальных полей). Если Кнезер свободно переносит теоремы Гаусса и Дарбу о свойствах геодезических линий на вариационные экстремали, рассуждал Гильберт, то уместно также перенести в теорию экстремалей, то есть в область функционального анализа, понятие поля геодезических линий, сформулированное Дарбу в теории конформных отображений.

**133) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт открыл в теории экстремальных полей теорему о независимости интеграла, выражающего данную экстремаль, от пути интегрирования, то есть от выбора функции, соответствующей данному интегралу, по аналогии с теоремами независимости интеграла от пути интегрирования, существующими в теории дифференциального исчисления. Эти теоремы были установлены Эйлером и Лагранжем, а затем, как мы помним, были по аналогии перенесены в область интегрирования комплексной переменной усилиями О.Коши. После открытия данной теоремы независимости в вариационном исчислении Гильберт распространил ее на ряд других задач. В книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (редакторы - А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1987) констатируется: «Гильберт заметил, что его теорему независимости нетрудно распространить на пространственную задачу и на случай двойного интеграла. В результате этого можно без «громоздких вычислений», по выражению Гильберта, построить систему необходимых и достаточных условий экстремума для общих вариационных задач» («Математика 19 века», 1987, с.222). На основе теоремы независимости Гильберт установил аналогию между уравнением Эйлера из теории дифференциального исчисления и уравнением Гамильтона-Якоби из теории вариационного исчисления.

**134) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт открыл операцию предельного перехода в теории действительных квадратичных форм по аналогии с процедурой предельного перехода в общей теории интегральных уравнений Фредгольма. Гильберт обнаружил сходство между интегральными уравнениями с симметрическим ядром и действительными квадратичными формами. Теорема Гильберта о представлении каждой функции, соответствующей интегральному уравнению, в виде степенного ряда, основывалась на аналогии с эквивалентной теоремой из дифференциального исчисления. К.Рид в книге «Гильберт» (1977), говоря об эволюции теории интегральных уравнений, отмечает: «Фредгольм открыл аналогию между интегральными уравнениями и линейными алгебраическими уравнениями. Гильберт пошел теперь дальше и нашел аналог приведения квадратичной формы от  $n$  переменных к главным осям. Используя связанную с этим комбинацию идей анализа, алгебры и геометрии, он развил свою теорию собственных функций и собственных значений – эта теория, как выяснилось позже, оказалась тесно связанной с физической теорией собственных колебаний» (К.Рид, 1977). Руководствуясь идеями классической теории квадратичных форм, в частности известными свойствами осей квадрик, Гильберт указал вариационный метод определения переменного параметра интегральных уравнений. Н.Бурбаки пишет о Гильберте: «...Руководствуясь дальнейшей аналогией с классической теорией квадратичных форм, указал вариационный метод определения переменного параметра Пуанкаре, который является не чем иным, как распространением хорошо известных свойств осей квадрик» (Бурбаки, 2007, с.222).

**135) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт (1908, 1910) построил теорию линейных операторов, то есть теорию гильбертовых функциональных пространств по аналогии с несколькими теориями: теорией линейных дифференциальных уравнений, теорией систем линейных алгебраических уравнений и теорией линейных интегральных уравнений. Подчеркивая различные аналогии между этими теориями, Л.А.Люстерник в статье «Молодость московской математической школы» (журнал «Успехи математических наук», 1967, том 22, выпуск 1 (133)) указывает: «Аналогия между ортогональностью векторов (сумма произведений координат равна нулю) и ортогональностью функций (интеграл от произведений равен нулю) отражена в самой терминологии. Разложению вектора по ортогональной системе векторов отвечает разложение функций по ортогональной системе функций. Такая же связь – с переходом от сумм к интегралам – между расстоянием в  $n$ -мерном евклидовом пространстве и квадратическим отклонением функций. Она привела к созданию так называемого гильбертова функционального пространства, в котором расстояние есть среднее квадратическое отклонение, сходимости в среднем, и в котором «полные ортогональные системы» играют роль ортогональной системы координат, коэффициенты Фурье – координат, при этом равенство Парсеваля есть аналог теоремы Пифагора» (Люстерник, 1967, с.154). «Развитие теории линейных дифференциальных и создание теории линейных интегральных уравнений Фредгольма, которая оказалась более близкой к теории систем линейных алгебраических уравнений, - продолжает Л.А.Люстерник, - привела к созданию охватывающей все эти теории общей теории линейных операторов. Особенную роль в развитии этой теории сыграла аналогия между теорией собственных значений матриц и собственных значений для дифференциальных и интегральных операторов. В работах Д.Гильберта 1908-1910 гг. теория линейных интегральных уравнений перерастает в теорию линейных операторов» (там же, с.154).

**136) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт построил теорию спектрального разложения для интегральных уравнений по аналогии с давно известной спектральной теорией для обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений с частными производными. В свою очередь, разработав метод параметрикса для решения интегральных уравнений, Гильберт и Леви перенесли этот метод в теорию дифференциальных уравнений. Для заданного эллиптического дифференциального оператора второго порядка параметрикс представляет собой разновидность качественной аппроксимации потенциальной функции. Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) пишет о том, как Гильберт строил теорию интегральных уравнений: «Последовательно расширяя таким образом границы общей теории, Гильберт не упускает из виду обыкновенные дифференциальные уравнения и дифференциальные уравнения в частных производных, из которых эта общая теория возникла. Он – и одновременно молодой итальянский математик Эудженио Элиа Леви – разрабатывает метод параметрикса, наводя мост между дифференциальными и интегральными уравнениями» (Вейль, 1989, с.251).

**137) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт (1899) получил большое количество важных результатов в алгебраической теории числовых полей по аналогии с теорией алгебраических функций. В книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел» (1978) И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков пишут о Давиде Гильберте и о книге, в которой он развил теорию числовых полей: «В конце века (1899) Д.Гильберт дал первое систематическое изложение теории алгебраических чисел, которая до того вела свое существование в отдельных научных статьях. (...) В этой же книге Гильберт углубил аналогию между полями алгебраических чисел и функций, придав новую форму символу норменного вычета и сформулировав общий закон взаимности по аналогии с теоремой Коши о вычетах. Он ввел для теории чисел и терминологию, принятую для функций – дивизор ветвления» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.122). Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) пишет: «Теория алгебраических функций вместе с теорией алгебраических чисел опирается на общую

аксиоматическую основу. В самом деле, Гильберт в своих работах по теории числовых полей руководствовался аналогиями, которые черпал из фактов, относящихся к царству алгебраических функций, - фактов, открытых Риманом с помощью его топологического подхода (разумеется, аналогия не помогает при доказательствах)» (Вейль, 1989, с.32). В другом месте своей книги Г.Вейль пишет о Гильберте: «Руководящим принципом для него неизменно служила аналогия с соответствующими проблемами царства алгебраических функций одной переменной, где к услугам исследователя были предложенные Риманом мощные топологические средства и абелевы интегралы. Истинное наслаждение – следить за тем, как Гильберт, шаг за шагом продвигаясь от частного к общему, вводит адекватные понятия и методы, как он получает важные заключения» (Вейль, 1989, с.228).

**138) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт открыл общий закон взаимности в теории полей алгебраических чисел по аналогии с законом взаимности квадратичных вычетов Эйлера-Лежандра и законом взаимности кубичных и тетраэдричных вычетов Гаусса. Относительно аналогии, на основе которой Д.Гильберт сформулировал общий закон взаимности, пишет В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006): «...Гильберт приезжает в Геттинген. Он продолжает исследования по теории чисел. Главный его интерес состоял в обобщении закона взаимности на поля алгебраических чисел. В классической теории чисел квадратичный закон взаимности, известный еще Лежандру и строго доказанный восемнадцатилетним Гауссом, считался жемчужиной теории чисел. Гильберту удалось переформулировать его и изложить в простой и красивой форме, которая имела смысл и для полей алгебраических чисел. Это позволило ему угадать формулировку закона взаимности для степеней, больших двух, хотя он и не смог доказать его для всех случаев» (Панов, 2006, с.320). Выше мы уже говорили, что Карл Гаусс (1801) открыл закон взаимности кубичных и тетраэдричных вычетов по аналогии с законом Эйлера и Лежандра для взаимности квадратичных вычетов. Эйлер подметил закон взаимности квадратичных вычетов в 1772 году, а Лежандр – в 1785 году (Г.Вилейтнер, «История математики от Декарта до середины 19 столетия», 1966).

**139) Аналогия Давида Гильберта.** После того, как Гордан установил теорему о конечности рационального целого базиса для инвариантов от двух переменных, Д.Гильберт по аналогии сформулировал более общую теорему о конечности базиса для инвариантов произвольного числа переменных. Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) говорит о Гордане: «Его усилия увенчались успехом: с помощью своего излюбленного вычислительного метода путем явного построения ему удалось доказать конечность рационального целого базиса для бинарных инвариантов. Через несколько лет Гильберт доказал теорему о конечности базиса в гораздо более общем виде – для произвольного числа переменных, но при этом использовал совершенно новый подход...» (Вейль, 1989, с.276).

**140) Аналогия Давида Гильберта.** Д.Гильберт выдвинул гипотезу об аналитичности решения эллиптического дифференциального уравнения высших порядков с аналитическими коэффициентами по аналогии с теоремой Эмиля Пикара об аналитичности решения линейного эллиптического дифференциального уравнения второго порядка с аналитическими коэффициентами. В книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) В.С.Сологуб подчеркивает: «Доказанная Пикаром теорема об аналитичности решения линейного эллиптического уравнения с аналитическими коэффициентами дала возможность Гильберту сформулировать свою известную девятнадцатую проблему относительно аналитичности решения эллиптического уравнения в общем виде» (Сологуб, 1975, с.225). «Таким образом, - детализирует свою точку зрения В.С.Сологуб, - Пикар установил аналитичность решения для достаточно широкого класса эллиптических дифференциальных уравнений. Есть основание предполагать, что именно результаты Пикара привели Гильберта к его гипотезе об аналитичности решения общего эллиптического уравнения (19 проблема

Гильберта)» (там же, с.233). Напомним, что аналитичность функции – это ее разложимость в сходящийся степенной ряд.

**141) Аналогия Леона Лебега.** Выдающийся математик Леон Лебег (1901) открыл свои знаменитые условия интегрируемости любых функций, для которых определена мера измеримого множества, по аналогии с условиями интегрируемости функций Римана. Согласно этим условиям, функция, стремящаяся к пределу на ограниченном интервале, имеет свой интеграл, если максимальная длина интервалов разбиения стремится к нулю. Если Риман сформулировал это условие для функций, имеющих всюду плотное множество точек разрыва, то Лебег перенес это условие на более широкий класс функций (Н.Бурбаки, «Очерки по истории математики», 2007). Ф.А.Медведев в книге «Развитие понятия интеграла» (1974) пишет: «Первой работой Лебега, посвященной новому понятию интеграла, была его заметка, опубликованная в Докладах Парижской академии наук в 1901 г. под названием «Об обобщении понятия интеграла». Здесь он, во-первых, с самого начала и без всяких оговорок указывает мотив, приведший его к необходимости обобщения понятия интеграла: «В случае непрерывных функций имеет место идентичность между понятиями интеграла и примитивной функции. Риман определил интеграл для некоторых разрывных функций, но в смысле Римана не все производные функции интегрируемы. Следовательно, проблема отыскания примитивных функций интегрированием не решена, и поэтому желательно определение интеграла, включающее как частный случай определение Римана и позволяющее решить проблему примитивных функций» (Медведев, 1974, с.159). Кроме того, Л.Лебег по аналогии опирался на теорию меры Эмиля Бореля. Е.М.Полищук в книге «Эмиль Борель» (1980) указывает: «В теории множеств Борель известен, прежде всего, как один из основателей теории меры. Отправляясь от исходной концепции Бореля, видоизменяя и дополняя ее, Лебег построил свою теорию меры, ввел понятие измеримой функции, а затем и свой знаменитый интеграл, без которого современный анализ уже немыслим» (Полищук, 1980, с.135).

**142) Аналогия Леона Лебега.** Л.Лебег (1905) развил теорию В-множеств (теорию точечных множеств Бореля) по аналогии с теорией В-функций (теорией разрывных функций, входящих в классификацию функций французского математика Р.Бэра). Ф.А.Медведев в статье «О работах Анри Лебега по теории функций» (журнал «Успехи математических наук», 1975, том 30, выпуск 4 (184)) пишет: «В-множества Э.Борель ввел в 1898 г. [26]. Здесь он сформулировал свое мероопределение, показал измеримость в этом смысле некоторых классов линейных точечных множеств, но фактически не стал их изучать сколько-нибудь детально не только в этой книге, но и в своих последующих работах. По существу, до 1905 г. теория В-множеств специально не разрабатывалась. По-иному обстояло дело с В-функциями. Их Р.Бэр ввел тоже в 1898 г. [30], но, в отличие от Бореля, он начал интенсивную разработку теории этих функций. В это дело вскоре включились Лебег и Борель, и к 1905 г. уже существовала продвинутая довольно далеко теория В-функций. Интересным фактом является то, что ни Борель, введший В-множества, ни Бэр, глубоко изучивший В-функции, не заметили связей этих математических объектов друг с другом. Напротив, Лебег еще в диссертации [3], а затем в книге [8] перекинул первый мостик между ними, установив, что всякая В-функция  $f(x)$  обладает тем свойством, что для нее множества  $E[f(x) > a]$  являются В-измеримыми. А в 1905 г. в фундаментальном мемуаре «О функциях, представимых аналитически» [13] он связал В-множества и В-функции неразрывной связью, вместе с тем далеко продвинув теорию В-множеств. Здесь он построил и изучил (стр.156-165) классификацию В-множеств, параллельную бэровской классификации функций» (Медведев, 1975, с.233).

**143) Аналогия Эмиля Бореля.** Выдающийся математик Эмиль Борель (1905) построил новую теорию вероятностей по аналогии с теорией множеств Кантора и теорией вещественных (действительных) функций Лебега. Позднее эту аналогию углубил великий

математик Колмогоров, который создал аксиоматическую теорию вероятностей по аналогии с аксиоматической теорией множеств и функций (Ф.А.Медведев, «Очерки истории теории функций действительного переменного», 1975).

**144) Аналогия Жана Тома Стилтеса.** Выдающийся математик Ж.Т.Стилтес построил новую теорию интегрирования, отличающуюся от теории интегрирования Лебега, когда обнаружил удивительную аналогию между непрерывными дробями и определенными интегралами. Ф.А.Медведев в книге «Развитие понятия интеграла» (1974) отмечает: «...Интересным было здесь то, что устанавливалась взаимосвязь между двумя аналитическими выражениями: дробью и интегралом. Интеграл оказывался тождественным преобразованиям дроби и наоборот» (Ф.А.Медведев, 1974). Далее Ф.А.Медведев подчеркивает: «Удивившись странной аналогии между определенным интегралом и некоторым специальным типом непрерывных дробей, он в течение десяти лет стремится пролить свет общности на этот факт» (Ф.А.Медведев, 1974).

**145) Аналогия Жана Тома Стилтеса.** Ж.Т.Стилтес усовершенствовал теорию рядов Дирихле, когда по аналогии перенес в нее некоторые соотношения, взятые из теории дзета-функции Римана. Е.П.Ожигова в книге «Шарль Эрмит» (1982) отмечает: «Приступая к исследованию связи между дзета-функцией Римана  $\zeta(s)$  и эллиптическими функциями, Стилтес по совету Эрмита старается идти путем, отличным от пути Римана. Он распространяет на ряды Дирихле некоторые соотношения, указанные Риманом для дзета-функции» (Ожигова, 1982, с.197). Отметим, что ряды Дирихле – это функциональные ряды определенного вида. Теория рядов Дирихле представляет собой обширную главу теории аналитических функций.



«Удивительные работы Ли обладали привилегией, очень редкой в наше время, вызывать общее преклонение и геометров, и аналитиков. Он открыл предложения, которые сохраняют его имя от забвения; он создал также методы и теории, которые еще долго будут оказывать благотворное влияние на развитие науки».

Ф.Нетер о Софусе Ли

**146) Аналогия Софуса Ли.** Выдающийся математик, ученик Ф.Клейна Софус Ли (1868) расширил арсенал идей и методов теории комплексов Плюккера, когда по аналогии перенес в нее некоторые понятия (например, мнимые числа) проективной геометрии Понселе. Эта аналогия возникла у Софуса Ли после случайной встречи с книгами Понселе и Плюккера, поэтому мы можем констатировать здесь аналогию с фактором случая. Е.М.Полищук в книге «Софус Ли» (1983) пишет о Ли: «Он явно тяготеет к точным наукам, но никакие конкретные задачи не занимают его воображения. В 1868 г. случайно (именно случайно!) и почти одновременно ему попадают на глаза книга Понселе по проективной геометрии и книга Плюккера по геометрии прямых линий. И с этого момента выбор сделан – геометрия! Возникли идеи применения к «комплексам Плюккера» мнимых чисел и идей Понселе. Но пока это было только направление, только первые наброски...» (Полищук, 1983, с.18-19). «Как уже было сказано, - подчеркивает Е.М.Полищук, - решающую роль в выборе Софусом Ли творческого направления сыграло знакомство с трудами Плюккера. Ли даже называл его своим учителем, хотя никогда не видел (Плюккер скончался в 1868 г., за год до прибытия Ли в Германию)» (там же, с.33). Отметим, что теория линейного комплекса Ю.Плюккера показывает тесную связь между механикой и геометрией и в дальнейшем получила широкое развитие в виде теории сложения винтов.

**147) Аналогия Софуса Ли.** Софус Ли (1873) построил теорию групп для обыкновенных дифференциальных уравнений по аналогии с теорией групп Э.Галуа (1830) для алгебраических уравнений, решаемых в четырех арифметических действиях. С.Ли назвал свою концепцию теорией групп преобразований. С.Ли заметил, что в математическом анализе существуют такие же неразрешимые дифференциальные уравнения, как и в теории алгебраических уравнений. Ему также бросилось в глаза то, что в обыкновенном дифференциальном уравнении Э.Вессю общая линейная однородная группа преобразований с параметрами играет такую же роль, какую в теории разрешимости алгебраических уравнений исполняет группа подстановок произвольной степени. Ли нашел в теории Пикара-Вессю для обыкновенных дифференциальных уравнений аналитические функции, инвариантные относительно преобразований, которые похожи на симметрические функции корней алгебраических уравнений в теории Галуа. Ссылки на указанную аналогию Софуса Ли можно найти в целом ряде историко-математических исследований. В книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (редакторы - А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1987) отмечается: «Изучить принципы, на которых основываются известные методы интегрирования дифференциальных уравнений в квадратурах, и разработать на основе этих принципов своего рода аналог теории Галуа – общую теорию интегрирования уравнений в квадратурах – такую цель поставил перед собой в 70-е годы молодой норвежский математик Софус Ли» («Математика 19 века», 1987, с.104). Об этом же говорит В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006): «Успешное применение теории групп к решению алгебраических уравнений высших степеней, выразившееся в создании теории Галуа, повлекло за собой попытку построения аналога теории Галуа для дифференциальных уравнений. Возникли теория групп Ли и теория алгебраических групп, тесно связанные со многими областями математики» (Панов, 2006, с.311). Аналогичную реконструкцию истории открытия Ли дает К.Л.Рыбников в книге «История математики» (1974), где он подчеркивает: «Норвежский математик Софус Ли распространил методы теории групп на проблему интегрирования дифференциальных уравнений. Он ввел около 1873 г. новый вид группы, названный им «непрерывные группы преобразований». С каждым дифференциальным уравнением он связывал такую группу преобразований, которая оставляет его неизменным» (Рыбников, 1974, с.324). «Структура групп Ли, - поясняет Рыбников, - оказалась связанной с вопросом об интегрируемости дифференциальных уравнений в квадратурах. Соответствующие структурные свойства группы Ли получили, по аналогии с теорией Галуа, интерпретацию свойств разрешимости» (там же, с.324). Примечательно, что задачу создания теории групп для дифференциальных уравнений по аналогии с теорией групп Галуа для алгебраических уравнений перед Ли поставил его учитель Феликс Клейн. Другими словами, аналогия Софуса Ли не была спонтанной, неожиданной, возникшей в режиме неосознанной автоматической ассоциации, как это часто бывает. Перенос Ли был изначально запланирован и это позволяет нам выделять среди большого числа аналогий запланированные (предсказуемые) и незапланированные (непредсказуемые заранее) экстраполяции.

**148) Аналогия Софуса Ли и Фридриха Энгеля.** Софус Ли и его ученик Фридрих Энгель расширили понятийный арсенал теории групп преобразований, когда по аналогии перенесли в эту теорию теоремы Жордана и Гельдера о свойствах фактор-групп из теории дискретных групп. Е.М.Полищук в книге «Софус Ли» (1983) констатирует: «В теории дискретных групп Жордан ввел очень важное для изучения их структуры понятие «фактор-группы» (дополнительной группы относительно ее нормального делителя). Жорданом, Гельдером и другими для фактор-групп были доказаны глубокие теоремы, которые Ли и Энгель распространили на группы преобразований» (Полищук, 1983, с.162).

**149) Аналогия Вито Вольтерра.** Математик Вито Вольтерра (1896) построил теорию функционального анализа, в которую ввел понятие функциональной производной, по

аналогии с теорией дифференциального исчисления и понятием дифференциальной производной. Ф.А.Медведев в книге «Очерки истории теории функций действительного переменного» (1975) подчеркивает: «Говоря о взаимоотношении теории функций действительного переменного и функционального анализа, интересно заметить, что первый этаж здания последнего создавался не по образцу первой, а строился по аналогии с теорией функций комплексного переменного. В первых работах по функциональному анализу в качестве модели новой науки Вольтерра брал риманову, а Пинкерле – вейерштрассову теорию функций комплексного переменного, и нельзя согласиться с Пинкерле, который утверждал, что Вольтерра следовал аналогии с теорией функций действительного переменного» (Медведев, 1975, с.14). Далее Ф.А.Медведев указывает: «Вольтерра лишь отпирался от общего определения функционала, формулируемого по аналогии с определением функции действительного переменного. Но именно так поступал и Риман при построении своей теории функций комплексного переменного. Дальнейшие же соображения у Вольтерры развивались в рамках аналогии с римановой теорией» (там же, с.14). Со слов Ф.А.Медведева, «основные операции над функциями – дифференцирование и интегрирование – переходят в функциональном анализе в соответствующие операции над функционалами и операторами, и подходы к способам введения их в последнем во многом повторяют способы введения таковых в теории функций» (Медведев, 1975, с.13). «Видимо, не лишено интереса, - аргументирует Ф.А.Медведев, - то обстоятельство, что зародыш идеи определения дифференцирования через интеграл содержится в самых первых работах Вольтерры по функциональному анализу: он в 1887 г. ввел понятие вариационной производной, опираясь на интегральное выражение вариации функционала. Имеются параллели между исследованиями по рядам функций и по рядам функционалов и операторов» (там же, с.13).

**150) Аналогия Мориса Фреше.** М.Фреше независимо от Вольтерры заложил основы теории функционального анализа, руководствуясь аналогией с теорией функций действительного переменного. Таким образом, различие их подходов заключалось в том, что Вольтерра основывался на аналогии с теорией функций комплексного переменного, а Фреше – на аналогии с теорией функций вещественного переменного. А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич в книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (1987) пишут: «...В первые годы 20 века Фреше начал практически заново строить здание функционального анализа, руководствуясь аналогиями с теорией функций действительного переменного» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.236). Об этом же пишет Ф.А.Медведев в книге «Очерки истории теории функций действительного переменного» (1975): «Лишь после того, как была в основных чертах построена теория функций действительного переменного, Фреше смог начать строить почти заново здание функционального анализа, сознательно руководствуясь теперь аналогиями именно с нею, а не с теорией функций комплексного переменного. Как раз в направлении Фреше, а не Вольтерры и Пинкерле стал преимущественно развиваться функциональный анализ...» (Медведев, 1975, с.14). Между теорией функций, которая изучает различные функции, и функциональным анализом, который исследует функционалы и операторы, существует глубокое сходство. Основные операции над функциями – дифференцирование и интегрирование – переходят в функциональном анализе в соответствующие операции над функционалами и операторами. Именно на это сходство и опирался Фреше. Ф.А.Медведев отмечает: «В 1915 г. Фреше ввел понятие интеграла, обобщающего интеграл Лебега-Стилтьеса. Он мыслил этот интеграл именно как интеграл от функционала, заданного на абстрактном множестве» (там же, с.14). Другими словами, Фреше построил теорию интегрирования функционалов по аналогии с теорией интегрирования вещественных функций. Наконец, об этом же пишут Л.А.Люстерник и В.И.Соболев в книге «Элементы функционального анализа» (1965): «Сущность функционального анализа состоит в том, что ряд понятий и методов из элементарных глав математического анализа (и смежных областей алгебры и геометрии) переносится на объекты более общей и более сложной природы, причем широко используются геометрические и алгебраические методы. Такое

перенесение, связанное с обобщением основных понятий анализа, позволяет подходить с единой точки зрения к вопросам, ранее рассматривавшимся изолированно в специальных аналитических дисциплинах, устанавливая связи между, казалось бы, далекими математическими теориями и тем самым способствовать открытию новых математических фактов» (Люстерник, Соболев, 1965, с.7).

**151) Аналогия Мориса Фреше.** М.Фреше независимо от Г.Кантора построил теорию абстрактных множеств по аналогии с теорией точечных множеств. При этом М.Фреше предложил абстрактное определение предела (предельного перехода) по аналогии с понятием операции в абстрактной теории групп. Ф.А.Медведев в книге «Развитие теории множеств в 19 веке» (1965) констатирует: «Первым его шагом в переносе понятий теории точечных множеств на абстрактные множества явилось введение общего понятия предела последовательности. С этого, как сказано выше, начинал и Кантор. Однако реализация этого отличалась у Фреше по крайней мере в двух отношениях. Во-первых, общие свойства понятия предела явились у него результатом изучения свойств частных определений различных видов пределов последовательностей, использовавшихся ранее. Во-вторых, предложенное им определение не фиксирует заранее какой-либо определенный вид предельного перехода, каким бы он ни был общим... Сам Фреше подчеркивал аналогию между своим подходом к понятию предела и подходом к понятию операции в абстрактной теории групп, где от групповой операции требуется лишь, чтобы она подчинялась некоторым заранее установленным предписаниям (аксиомам), а в остальном оставалась произвольной» (Медведев, 1965, с.222).

**152) Аналогия Мориса Фреше и Феликса Хаусдорфа.** М.Фреше и Ф.Хаусдорф (1906-1914) разработали теорию топологических пространств в результате того, что по аналогии перенесли в нее идеи элементарной теории множеств. Об этой аналогии мы узнаем из статьи известного отечественного тополога П.С.Александрова, в которой он критически рассматривает достижения предшественников. В статье «Топология», представленной в сборнике «Математика и естествознание в СССР» (1938), П.С.Александров отмечает: «Теория размерности была одним из двух главных направлений, по которым шла топологическая мысль в Москве в 1921-1924 гг. Вторым таким направлением была общая теория топологических пространств. Основанная Фреше и Хаусдорфом в 1906-1914 гг., теория топологических пространств не шла у ее основателей далее перенесения в область топологических пространств элементарной теории множеств...» (П.С.Александров, 1938).



«В начале года он составлял список книг и статей, которые он считал желательным проанализировать, и эта программа охватывала все, что, по его собственному выражению, его забавляло: от геометрии до теории функций и от конкретных вопросов, касающихся дифференциальных уравнений в частных производных, до наиболее абстрактных проблем функционального анализа. Короче, его интересовали почти все области математики».

Поль Леви о Жаке Адамаре

**153) Аналогия Жака Адамара.** Жак Адамар высказал теорему о линейном характере вариации функционала по аналогии со старой теоремой о линейном характере дифференциала функции. В книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (редакторы - А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1987) констатируется: «Адамар выдвинул условие: вариация функционала должна быть линейной. Он писал: «Фундаментальный результат дифференциального исчисления состоит в том, что дифференциал функции является линейной функцией дифференциалов переменных»,

подобно этому «вариация функционала – линейный функционал относительно вариации  $bu$ ». Заметим, что сам термин «вариация» ясно указывает на аналогию с вариационным исчислением, которой постоянно руководствовался Адамар в работах по функциональному анализу» («Математика 19 века», 1987, с.236).

**154) Аналогия Жака Адамара.** Жак Адамар ввел в функциональный анализ (теорию функционалов) ряд общих понятий, например, понятие окрестности в пространстве функций, по аналогии с общими понятиями вариационного и дифференциального исчисления. Сравнивая вклад Вито Вольтерра и Жака Адамара в функциональный анализ, Г.Е.Шилов в статье «Жак Адамар и формирование функционального анализа» (УМН, 1964, том 19, выпуск 3 (117)) сначала говорит об аналогиях, которыми пользовался Вольтерра, а затем – об аналогиях, которые реализовал Адамар при построении функционального анализа. «Итальянский математик Вито Вольтерра, - пишет Г.Е.Шилов, - еще в конце восьмидесятых годов [5] рассматривал задачи вариационного исчисления как задачи на экстремум «функций от линии» и стремился перенести на эти задачи методы дифференциального исчисления. Он рассматривал линию как элемент, определяемый бесконечным числом координат (например, значений ординат соответствующей кривой) и по аналогии с понятием частной производной вводил понятие «функциональной производной», которая для классических вариационных задач приводилась к дифференциальному выражению Эйлера» (Шилов, 1964, с.184). «Но у Вольтерра, - поясняет Г.Е.Шилов, - не было общих понятий, без которых мы теперь вообще не представляем себе вариационного исчисления. Он, например, не имел понятия окрестности в пространстве функций. А Адамар ввел [6] целую серию окрестностей, определяемых близостью функций вместе с производными до заданного порядка, что, в частности, дало ему возможность указать различие между сильным и слабым экстремумами. У Вольтерра не было представления о дифференциале (вариации) функции от линии как главной линейной части ее приращения; это понятие также родилось в семинаре Адамара. (...) По ходу дела Адамар ввел привычные теперь для нас термины «функционал», «функциональный анализ», «линейный функционал» (там же, с.184).

**155) Аналогия Р.Гато и П.Леви.** Французские математики, ученики Ж.Адамара, Р.Гато (1913, 1914) и П.Леви (1918, 1919) разработали метод интегрирования в пространстве функций (в функциональном анализе) по аналогии с интегрированием дифференциальных уравнений. Г.Е.Шилов в статье «Жак Адамар и формирование функционального анализа» (УМН, 1964, том 19, выпуск 3 (117)) констатирует: «Адамар понимал также, что кроме дифференцирования в пространстве функций (и других пространствах анализа) необходимо иметь и интегрирование. Задача была нелегкой, но и она была в разных вариантах решена его учениками Гато и Леви, которые ввели для функционалов понятие «среднего», эквивалентное понятию интеграла. Подробное изложение этих вопросов впервые появилось в книге Леви [10] в 1922 г.; почти одновременно совсем с иных позиций – вероятностных – к аналогичному понятию пришел Винер в США» (Шилов, 1964, с.185). Отметим, что интегрирование в функциональных пространствах сводится к вычислению среднего значения функции по некоторой области. При всем сходстве между интегрированием дифференциальных уравнений и интегрированием в функциональном пространстве П.Леви в книге «Конкретные проблемы функционального анализа» (1967) указывает на неполноту этой аналогии. Но любая аналогия не может быть полной, поскольку в противном случае это было бы полное тождество, а не сходство в некоторых аспектах. Там, где полное тождество, там нет творчества, а есть лишь повторение уже известного. «При вычислении интеграла или, скорее, среднего от какой-то функции, - пишет он, - можно пренебречь всеми остальными областями, кроме упомянутой, подобно тому как в теории интеграла Лебега пренебрегают множеством меры нуль. Аналогия здесь, однако, неполная, так как в нашем случае отбрасываются области, ни одно измерение которых не мало, и поэтому есть основание удивляться тому, что ими можно пренебречь» (Леви, 1967, с.13). Сам Поль Леви в своей книге «Конкретные

проблемы функционального анализа» (1967) пишет: «...Классические теории интегрирования уравнений в частных производных первого порядка можно без существенных изменений распространить на функциональные пространства...» (Леви, 1967, с.12).

**156) Аналогия Эммы Нетер.** После того, как математики заметили аналогию между понятием абелевой группы с операторами и понятием линейного представления групп, знаменитая женщина-математик Эмма Нетер построила теорию линейной алгебры, основанную на этой аналогии. Она ввела в эту теорию понятие гомоморфизма для групп с операторами, инверсных колец, двусторонних модулей, теоремы об изоморфизмах. Частные случаи этих теорем были известны Гельдеру – создателю теории конечных групп, Дедекинду – создателю теории абелевых групп и Ведерборну – ученому, построившему теорию двусторонних идеалов. Э.Нетер открыла теорему о разложении идеала на простые идеалы, по аналогии с теоремой о разложении многочлена на линейные множители (Г.Вейль, «Математическое мышление», 1989). Нетер также объединила идеи алгебры и теории чисел. В книге «Математика 19 века» (1978) И.Г.Башмакова и А.Н.Рудаков в книге «Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел» (1978) указывают: «Наконец, в работах Э.Нетер и ее школы окончательно сформулировалась та часть математики, которая объединила идеи и методы алгебры и теории чисел прошлого века и получила благодаря широко известной книге Б.Л.Ван дер Вардена название современной алгебры» (Башмакова, Рудаков, 1978, с.119).

**157) Аналогия Эммы Нетер.** Э.Нетер расширила арсенал теории ассоциативных колец благодаря тому, что по аналогии перенесла в эту теорию идеи и методы структурной теории алгебр конечного ранга. А.Г.Курош в статье «Современное состояние теории колец и алгебр» (журнал «Успехи математических наук», 1951, том 6, выпуск 2 (42)) пишет о структурной теории алгебр конечного ранга: «Работы Э.Нетер и ее сотрудников показали, что основные результаты этой структурной теории алгебр могут быть перенесены на случай (ассоциативных, но вообще некоммутативных) колец, удовлетворяющих условию обрыва убывающих цепочек левых или правых идеалов. Этим перенесением теория алгебр не была ликвидирована. Наоборот, в это же время для нее были найдены другие вопросы, в которых специфика алгебр более существенна...» (Курош, 1951, с.6).

**158) Аналогия Эммы Нетер.** Э.Нетер получила ряд важных результатов в топологии, когда перенесла в нее математические средства линейной алгебры. Жан Дьедоне в статье «Абстракция и математическая интуиция» (книга «Математики о математике», 1982) пишет: «...Эмми Нетер рассмотрела группы, составленные из произвольных комбинаций симплексов, определила с помощью понятия границы симплекса граничные гомоморфизмы этих групп и из них вывела группы гомологии Пуанкаре средствами чисто линейной алгебры (в основном рассматривая факторизацию ядра по образу). Это вмешательство Эмми Нетер было переносом алгебраической интуиции, полученной в результате владения линейной алгеброй, на вопросы топологии; удивительно, что это получилось и получилось хорошо. Достаточно перечислить имена математиков, введших алгебру в алгебраическую топологию...» (Ж.Дьедоне, 1982).



«Пуанкаре был одним из очень немногих своих современников, которые знали о каждом достижении в математике вплоть до своего времени и могли логическим путем его вывести. В наше время большое количество исследований и информации сделали это невозможным: каждый математик, да и любой другой ученый, заключен в ограниченный мир и почти не сведущ в вопросах прогресса и проблем, выходящих за рамки его собственной области».

Ф.Диакю и Ф.Холмс об Анри Пуанкаре

**159) Аналогия Анри Пуанкаре.** Анри Пуанкаре (1880) построил теорию автоморфных функций по аналогии с теорией эллиптических функций. Эта аналогия позволила ему найти выражение тета-автоморфных рядов. В книге «Наука и метод» (1983) А.Пуанкаре пишет: «Однажды вечером, вопреки своей привычке, я выпил черного кофе; я не мог заснуть; идеи теснились, я чувствовал, что они сталкиваются, пока две из них не соединились, чтобы образовать устойчивую комбинацию. К утру я установил существование одного класса этих функций, который соответствует гипергеометрическому ряду; мне оставалось лишь записать результаты, что заняло только несколько часов. Я хотел представить эти функции в виде отношения двух рядов, и эта идея была совершенно сознательной и обдуманной; мной руководила аналогия с эллиптическими функциями. Я спрашивал себя, какими свойствами должны обладать эти ряды, если они существуют, и мне без труда удалось построить эти ряды» (А.Пуанкаре, 1983). Пуанкаре ввел в теорию автоморфных функций метод изучения переменной как функции решения отношения двух линейно независимых коэффициентов уравнения по аналогии с подобным методом, разработанным Гауссом, Абелем и Якоби в теории эллиптических функций. В книге «Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций» (редакторы - А.Н.Колмогоров и А.П.Юшкевич, 1987) указывается: «В основе подхода Пуанкаре лежит гениальная мысль, подобная той, которая в свое время пришла на ум Гауссу, Абелю и Якоби при введении ими эллиптических функций: вместо того, чтобы рассматривать слишком сложную функцию  $u(z)$ , являющуюся решением уравнения... с рациональными (или шире – с алгебраическими) коэффициентами, обратить задачу – рассмотреть переменную  $z$  как функцию решения, при этом не одного  $u$ , но отношения  $u_1/u_2$  двух линейно независимых решений  $u_1$  и  $u_2$ . Функция эта является однозначной и, как можно показать, инвариантной относительно некоторой группы дробно-линейных преобразований» (Колмогоров, Юшкевич, 1987, с.158). Об этой же аналогии Пуанкаре пишет А.И.Маркушевич в очерке «Теория аналитических функций» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981): «Отчетливо излагая эволюцию своих идей, Пуанкаре неоднократно подчеркивает, что для него путеводной нитью была классическая теория эллиптических функций...» (Маркушевич, 1981, с.244). «Известно, что интеграл, - поясняет Маркушевич, - можно представить в окрестности любой точки посредством некоторого ряда. Но Пуанкаре интересуется глобальное изучение интеграла. И здесь он выдвигает гениальную идею, подобную той, которую в свое время выдвинули Абель и Якоби (и еще раньше Гаусс): вместо того чтобы изучать интеграл как функцию от  $x$  (она слишком сложна) рассматривать само переменное  $x$  как функцию интеграла, впрочем, не одного, а отношения  $z$  двух линейно независимых интегралов данного уравнения  $x = x(z)$ . Можно выдвинуть гипотезу, что на эту мысль его навело представление модулярной функции Шварца в виде частного двух интегралов гипергеометрического уравнения» (там же, с.244). А.И.Маркушевич пишет: «Мы ограничиваемся здесь сказанным для того, чтобы отметить, что первоначальным источником введения в математику класса автоморфных функций была теория дифференциальных уравнений, и вместе с тем подчеркнуть, что сам Пуанкаре рассматривал свою теорию как далеко идущий аналог теории эллиптических функций, для построения которой ему пришлось привлечь геометрию Лобачевского вместо геометрии

Евклида» (там же, с.245). Напомним, что автоморфная функция – это функция, инвариантная относительно дробно-линейных преобразований. Нужно отметить, что здесь мы наблюдаем аналогию с фактором случая, поскольку Пуанкаре случайно ознакомился с работой Фукса, посвященной автоморфным функциям. Е.П.Ожигова в статье «Шарль Эрмит» (1982) констатирует: «...Ганс Фрейденталь (биограф Эрмита и Пуанкаре) считал, что Пуанкаре совершенно случайно прочитал статью Фукса, «которая захватила его воображение», и то, что после этого проблема «обрела для него первостепенное значение, объясняется случайностью, столь характерной для работ Пуанкаре» (Ожигова, 1982, с.185).

**160) Аналогия Анри Пуанкаре.** Анри Пуанкаре разработал теорию групп преобразований автоморфных функций по аналогии с теорией групп преобразований, которые встречаются в неевклидовой геометрии Лобачевского. Впервые Пуанкаре осознал эту аналогию во время одной из геологических экскурсий. В книге «Наука и метод» (1983) Пуанкаре вспоминает об этой экскурсии: «Прибыв в Кутанс, мы сели в омнибус, для какой-то прогулки; в момент, когда я встал на подножку, мне пришла в голову идея, без всяких, казалось бы, предшествовавших раздумий с моей стороны, идея о том, что преобразования, которые я использовал, чтобы определить автоморфные функции, были тождественны преобразованиям неевклидовой геометрии. Из-за отсутствия времени я не сделал проверки, так как, с трудом сев в омнибус, я тотчас же продолжил начатый разговор, но я уже имел полную уверенность в правильности сделанного открытия» (А.Пуанкаре, 1983). Великий русский математик Л.С.Понтрягин в книге «Жизнеописание» (1998) пишет об этой аналогии Пуанкаре: «Пуанкаре считает, что нахождение правильного пути является плодом длительной подсознательной деятельности. Я не могу с этим согласиться, во всяком случае, такое предположение не обязательно. В качестве яркого примера он приводит случай, когда внезапно был озарен догадкой о том, что группа, связанная с автоморфной функцией, есть та же самая группа, что имеет место в неевклидовой геометрии. На мой взгляд, имело место другое. В его уме были представления об обеих группах. Первая группа, связанная с автоморфной функцией, которую он искал, и вторая лежала в голове готовая – это группа преобразований в плоскости Лобачевского. Догадка или переход заключался в том, что группы эти одинаковы. Пуанкаре сразу уверовал в это и считал это плодом длительной подсознательной работы. В действительности же утверждение потребовало дальнейшей проверки и оказалось правильным» (Л.С.Понтрягин, 1998).

**161) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре открыл метод построения общих геометрических объектов, называемых в алгебраической топологии комплексами Листинга, по аналогии с теорией графов Кирхгофа, описывающих течение электрического тока по замкнутому кругу. Все, что сделал Пуанкаре, - это заменил системы уравнений Кирхгофа матрицами из их коэффициентов. К.А.Рыбников пишет о Пуанкаре: «Сделал он это, отправляясь, по его собственному свидетельству, от работ Кирхгофа, заменив лишь системы линейных уравнений матрицами из их коэффициентов» (К.А.Рыбников, «История математики», 1960).

**162) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре получил ряд важных результатов в теории топологических пространств, когда по аналогии перенес в эту теорию идеи и методы теории фуксовых групп, римановых поверхностей и теории дифференциальных уравнений. Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) указывают: «...Методы, которые Пуанкаре использует для построения топологических пространств, являются интуитивными обобщениями идей и результатов, относящихся к теории фуксовых групп, римановых поверхностей и дифференциальных уравнений. При этом он даже не пытается отделить интуицию от доказательства и уточнить свои предположения» (Чандлер, Магнус, 1985, с.22).

**163) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре (1908) предложил перенести в теорию сравнений от двух неизвестных методы теории алгебраических кривых, когда обнаружил аналогию между двумя этими областями. В 1-ом томе книги «Математическая энциклопедия» (1977), написанной под редакцией И.М.Виноградова, отмечается: «Интерес к алгебраической геометрии над «неклассическими» полями возник сначала в связи с теорией сравнений, которые можно интерпретировать как уравнения над конечным полем. В своем докладе на Международном конгрессе математиков в 1908 г. А.Пуанкаре говорил, что к изучению сравнений от двух неизвестных можно применить методы теории алгебраических кривых» («Математическая энциклопедия», 1977, с.128).

**164) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре (1897) открыл в теории потенциала теорему о том, что сходимости ряда произвольной непрерывной функции на границе области гарантирует сходимость этой функции во всей области, по аналогии с теоремой А.Гарнака (1887) из теории гармонических функций. Согласно этой теореме, если ряд последовательных гармонических функций сходится в одной точке области, то он является равномерно сходящимся во всей области. В свою очередь А.Гарнак открыл эту теорему по аналогии с теоремой К.Рунге (1885) об эквивалентных условиях равномерной сходимости аналитических функций.

**165) Аналогия Анри Пуанкаре.** Пуанкаре открыл метод арифметического среднего для невыпуклых поверхностей распределения сил по аналогии с методом арифметического среднего Карла Неймана для выпуклых поверхностей. В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) констатирует: «Пуанкаре распространил метод арифметического среднего К.Неймана на рассматриваемый им класс невыпуклых поверхностей непосредственно только применительно к решению первой краевой задачи для уравнения Лапласа. Однако если учесть, что вторая краевая задача может быть сведена к первой, как было показано самим К.Нейманом, то можно утверждать, что распространение Пуанкаре применимо и к решению второй краевой задачи» (Сологуб, 1975, с.148). А.Пуанкаре очень многое заимствовал у К.Неймана при решении уравнения Лапласа, о чем он сам пишет в книге «Избранные труды» (1974): «Элегантный метод Неймана, как казалось, был применим лишь к выпуклым поверхностям. Я увидел, что он обладает значительно большей общностью и строго показал, что он применим ко всем поверхностям и указал, что вероятно применим к любой совершенно произвольной поверхности; это, впрочем, утверждалось уже давно» (А.Пуанкаре, 1974).

**166) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре сформулировал теорему о разложении функций двух переменных в произведение по аналогии с теоремой К.Вейерштрасса о разложении в произведение функций одной переменной. Кроме того, А.Пуанкаре по аналогии распространил на ряды, являющиеся решениями систем дифференциальных уравнений в частных производных, результат Коши, то есть условия сходимости ряда Тейлора. Е.П.Ожигова в книге «Шарль Эрмит» (1982) говорит о Пуанкаре: «В 1882 г. он рассматривает системы дифференциальных уравнений в частных производных и распространяет результат Коши (условия сходимости ряда Тейлора) на ряды, представляющие решения системы» (Ожигова, 1982, с.182).

**167) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре внес значительный вклад в теорию краевых задач, решаемых с помощью дифференциальных уравнений, когда заметил аналогию этих задач с алгебраической задачей приведения квадратичной формы к главным осям. А.И.Плеснер в статье «Спектральная теория линейных операторов» (журнал «Успехи математических наук», 1941, выпуск 9) пишет: «...Сложные проблемы колебаний (колебания струны, мембраны и т.п.) привели в теории дифференциальных уравнений, обыкновенных и в частных производных, к целому ряду краевых задач, которые, несмотря на разнообразие их

аналитического характера, обнаруживали далеко идущую аналогию с алгебраической задачей приведения квадратичной формы к главным осям. До появления общей теории наиболее полно и ярко эта аналогия была освещена Пуанкаре [1] на примере мембраны» (Плеснер, 1941, с.3).

**168) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре (1883) решил проблему униформизации (проблему отыскания особого комплексного параметра) для многозначной аналитической функции по аналогии с решением проблемы униформизации для элементарных многозначных алгебраических функций. Такая униформизация для алгебраических функций была известна давно («Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций» под ред. А.П.Юшкевича, 1987). Историки науки, авторы книги «Математика 19 века» (1987) считают, что решение проблемы униформизации, полученное Пуанкаре, является вершиной всего развития теории функций комплексного переменного.

**169) Аналогия Анри Пуанкаре** А.Пуанкаре (1896) сформулировал теорию линейных интегральных уравнений по аналогии с теорией линейных алгебраических уравнений. Пуанкаре пришел к идее введения переменного параметра перед интегралом интегрального уравнения, находясь под впечатлением указанных алгебраических аналогий, а также результатов, полученных для уравнения колеблющейся мембраны. Ф.А.Медведев в книге «Очерки истории теории функций действительного переменного» (1975) дает понять, что Пуанкаре разработал прием интегрирования дифференциала по параметру по аналогии с приемом Лейбница и Эйлера для дифференцирования интеграла по тому же параметру. Утверждение Пуанкаре о том, что решением интегрального уравнения является мероморфная функция от переменного параметра, возникло по аналогии с тем, что решением дифференциального уравнения колеблющейся струны, точнее, колеблющейся мембраны в теории упругости является та же мероморфная функция. Н.Бурбаки в книге «Очерки по истории математики» (2007) отмечает, что Пуанкаре получил решение интегральных уравнений в виде отношения двух определителей, каждый из которых является целой функцией переменного параметра, по аналогии с методом решения конечных систем линейных дифференциальных уравнений. Этот метод также основан на поиске отношения двух определителей.

**170) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре создал теорию интегральных вычетов для двойных интегралов по аналогии с теорией интегральных вычетов О.Коши для простых интегралов. Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) указывает: «...В связи с теорией абелевых функций нельзя хотя бы кратко не остановиться на работах Пуанкаре, подготовивших создание общей теории аналитических функций многих переменных, - я имею в виду предложенное Пуанкаре обобщение теории вычетов Коши на случай двойных интегралов и его доказательство теоремы о представимости мероморфной функции двух переменных в виде отношения двух целых функций» (Вейль, 1989, с.272).

**171) Аналогия Анри Пуанкаре.** А.Пуанкаре расширил понятийный арсенал теории замкнутых геодезических линий, когда по аналогии перенес в эту теорию метод аналитического продолжения, который ранее применялся в алгебраической геометрии. Л.А.Люстерник и Л.Г.Шнирельман в книге «Топологические методы в вариационных задачах» (1930) пишут: «Пуанкаре применил к теории замкнутых геодезических другой метод: метод аналитического продолжения. Он заключается в следующем: в исследуемое уравнение вводится параметр и изучается изменение решения уравнения в зависимости от введенного параметра. Аналогичный метод применялся давно в алгебраической геометрии под названием принципа сохранения числа решений. Требовалось найти число элементов пересечения некоторых алгебраических многообразий. В уравнения, определяющие эти многообразия, вводятся параметры. Они подбираются так, чтобы для некоторой системы

значений параметров мы получили данные многообразия, а для другой системы значений мы получили бы многообразия, распавшиеся на линейные. Для последнего случая задача о числе элементов пересечения решается непосредственно. Если число решений не изменяется с параметром, то мы могли бы определить число решений в нужном нам случае» (Люстерник, Шнирельман, 1930, с.10).

**172) Аналогия Феликса Клейна.** Феликс Клейн (1869) пришел к идее о том, что геометрия Лобачевского является частью проективной геометрии Кэли, когда обнаружил сходство (аналогию) между геометрией Лобачевского и одной из метрик английского математика Артура Кэли. С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) отмечает: «В 1869 году Клейн познакомился с теорией Кэли, а в конце того же года – довольно поверхностно – с геометрией Лобачевского. Тотчас же у него возникла мысль, что одна из метрик Кэли приводит к геометрии Лобачевского. Это была догадка, почти лишенная аргументации. Теория Кэли и теория Лобачевского радикально отличались внешне...» (Гиндикин, 2006, с.387). «Характерно, - добавляет С.Г.Гиндикин, - что признание неевклидовой геометрии многими математиками связано с реализацией ее как части проективной геометрии (интерпретация Клейна)» (там же, с.448). Об этой же аналогии пишут Б.Л.Лаптев и Б.А.Розенфельд в очерке «Геометрия» (книга «Математика 19 века: геометрия, теория аналитических функций», 1981): «...Клейн описывает открытие своей интерпретации следующим образом: он познакомился с теорией Кэли по упоминавшейся нами книге Сальмона «Конические сечения», немецкий перевод которой появился к этому времени, а после этого, зимой 1869-1870 гг. впервые услышал о геометрии Лобачевского от своего друга Штольца. «Из этих кратких сведений я довольно мало понял, но тотчас же у меня возникла идея, что тут существует некоторая зависимость» (Лаптев, Розенфельд, 1981, с.73). Аналогичную трактовку открытия Ф.Клейна дает К.Рид в книге «Гильберт» (1977): «Только в 1870 году идея неевклидовых геометрий получила общее признание. Это произошло после того, как 21-летний Феликс Клейн обнаружил в одной работе Кэли «модель», позволяющую отождествить исходные объекты и соотношения неевклидовой геометрии с некоторыми объектами и соотношениями евклидовой геометрии. Этим он доказал, что неевклидова геометрия непротиворечива в той же мере, что и евклидова, - противоречие в одной из них необходимо влечет противоречие в другой» (К.Рид, 1977).

**173) Аналогия Феликса Клейна.** Феликс Клейн создал теорию групп геометрических преобразований, осуществив перенос в область геометрии алгебраической теории групп Галуа, а также основываясь на аналогии между группами движений пространства Лобачевского и группой движений пространства Евклида. Другими словами, Ф.Клейн построил теорию групп для аналитических функций по аналогии с теорией Галуа для алгебраических уравнений. Благодаря этой аналогии Ф.Клейн открыл автоморфные функции, ввиду чего разделяет с А.Пуанкаре славу первооткрывателя этих функций. Г.Вейль в книге «Математическое мышление» (1989) указывает: «На теорию функций владычество групп было впервые распространено самим Клейном – с помощью введенного им понятия автоморфной функции. Если область существования аналитической функции односвязна, то, следуя Риману, можно представить ее как внутренность круга. Единственными конформными, т.е. сохраняющими аналитичность, отображениями круга на себя являются дробно-линейные преобразования. Отсюда возникает понятие автоморфной функции как функции, инвариантной относительно некоторой группы линейных подстановок независимых переменных» (Вейль, 1975, с.265). Кроме того, Ф.Клейн сформулировал теорию инвариантов проективного преобразования трехмерного пространства по аналогии с теорией инвариантов алгебраических и дифференциальных преобразований. В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006) указывает: «В обширных исследованиях, принадлежащих ему и его многочисленным ученикам, Клейн применил понятие группы к линейным дифференциальным уравнениям, к эллиптическим и модулярным функциям, к абелевым и

автоморфным функциям. Он обнаружил и установил теорему униформизации...» (Панов, 2006, с.312).

**174) Аналогия Эудженио Бельтрами.** Э.Бельтрами (1868) нашел обоснование геометрии Лобачевского, отличное от подхода Феликса Клейна, когда заметил аналогию между кратчайшими линиями на псевдосфере и прямыми в геометрии Лобачевского. С.Гиндикин в статье «Феликс Клейн» (журнал «Квант», 1975, № 12) пишет: «Итальянский математик Эудженио Бельтрами (1835-1900) наметил другой путь к обоснованию геометрии Лобачевского еще в 1868 году. Он обнаружил поверхность – псевдосферу – кратчайшие линии на которой (геодезические) ведут себя так, как прямые в геометрии Лобачевского. Затем Бельтрами отобразил некоторым образом псевдосферу в круг и получил те же формулы, что позже и Клейн в своей теории» (Гиндикин, 1975, с.5). Об этой же аналогии Э.Бельтрами говорит А.Томилин в книге «Занимательно о космологии» (1971): «Рассмотрев большой класс поверхностей с постоянной отрицательной кривизной, Бельтрами умудрился построить их. Любознательный читатель может увидеть разновидность такой поверхности на нашем рисунке. Она похожа на седло. Самым же замечательным оказалось то, что геометрия на таких поверхностях была геометрией Лобачевского! Вот когда пришло прозрение для всех неверующих. Вот когда Бельтрами смог воскликнуть столь желанное «смотри» и указать на чертеж. Псевдосфера – поверхность, находящаяся в привычном евклидовом пространстве, являлась пресловутой «воображаемой» плоскостью Лобачевского. Но если такая плоскость (или двумерное пространство) существует, то и ее геометрия не может быть ложной. Мемуар Бельтрами совершил настоящий переворот. Имя Лобачевского озарило сиянием славы. Увы, посмертно» (А.Томилин, 1971).

**175) Аналогия Энрико Бетти.** Итальянский математик Э.Бетти (1871) сформулировал условие связности пространств высоких размерностей по аналогии с исследованиями Б.Римана, который определил условие связности поверхности. Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) пишут: «Перед тем как ввести понятие групп гомологий и когомологий групп, мы должны кое-что сказать о топологических истоках этих понятий. Известная статья Бернхарда Римана (1826-1866) по теории абелевых функций, которая появилась в 1857 г., является, по-видимому, самой ранней публикацией на эту тему. Эта статья относится только к простейшему возможному случаю, а именно к поверхностям (двумерным ориентированным пространствам), и совсем не использует понятие группы. Прочитируем одно из основных определений: «Если на поверхности можно нарисовать  $n$  замкнутых кривых, которые ни по отдельности, ни вместе не образуют полной границы части поверхности, но вместе с произвольной новой замкнутой кривой они образуют полную границу части поверхности, то поверхность называется  $(n+1)$ -связной». Это определение имеет смысл, поскольку связность поверхности, как можно показать, не зависит от выбора этих  $n$  кривых. В течение длительного времени число  $n$  называлось первым числом Бетти поверхности в честь Энрико Бетти (1823-1892), который в 1871 г. обобщил это определение Римана на пространства более высоких размерностей и соответствующее понятие связности» (Чандлер, Магнус, 1985, с.178).

**176) Аналогия Фердинанда Линдемана.** Немецкий математик Ф.Линдеман (1882) построил доказательство трансцендентности числа  $\pi$  по аналогии с тем, как Шарль Эрмит доказал трансцендентность числа  $e$ . Р.Курант и Г.Роббинс в книге «Что такое математика?» (2000) пишут: «Технический аппарат, необходимый для доказательства трансцендентности числа  $\pi$ , был создан Шарлем Эрмитом (1822-1905), который доказал вместе с тем трансцендентность числа  $e$ . Несколько усовершенствовав метод Эрмита, Ф.Линдеман (в 1882 г.) сумел доказать трансцендентность числа  $\pi$  и тем самым окончательно исчерпать вопрос, оставшийся без ответа на протяжении тысячелетий» (Курант, Роббинс, 2000, с.167). Об этом же говорит Е.П.Ожигова в книге «Шарль Эрмит» (1982): «Принесшее ему известность доказательство

трансцендентности  $\pi$ , которое позволило решить, наконец, задачу о квадратуре круга, Линдеман получил как простое следствие теоремы, обобщившей результат Эрмита, о чем сразу же сообщил ему в письме» (Ожигова, 1982, с.90). Отметим, что трансцендентность числа означает, что оно не удовлетворяет никакому алгебраическому уравнению с целыми коэффициентами. В.Успенский в очерке «Апология математики, или о математике как части духовной культуры» (журнал «Новый мир», № 11, 2007) пишет: «Неразрешимость квадратуры круга доказал в 1882 году немецкий математик Фердинанд Линдеман. Рассказывают, что он завершил доказательство 12 апреля, в день своего тридцатилетия, и, спрошенный друзьями, отчего это он сияет так, словно решил проблему квадратуры круга, отвечал, что так оно и есть. Жена Линдемана была недовольна, что муж удовлетворен той славой, которую заслуженно принесла ему задача о квадратуре, и заставляла его доказывать Великую теорему Ферма» (В.Успенский, 2007).

**177) Аналогия Джузеппе Пеано.** Известный итальянский математик Джузеппе Пеано построил предварительный вариант теории линейных бесконечномерных пространств по аналогии с теорией линейных пространств Германа Грассмана (1844, 1862). М.Джеммер в книге «Эволюция понятий квантовой механики» (1985) констатирует: «Самое раннее изложение всеобъемлющей теории линейных пространств было дано, вероятно, Грассманом, чей труд впервые появился в 1844 г. и в переработанном и расширенном виде вышел в 1862 г.» (Джеммер, 1985, с.291). «Пеано, - говорит М.Джеммер, - первым предложил распространить подход Грассмана на пространства с бесконечно большим числом измерений; с его утверждения «линейная система может иметь даже бесконечную размерность», началась теория линейных бесконечномерных пространств» (там же, с.291).

**178) Аналогия Туллио Леви-Чивиты.** Известный математик Т.Леви-Чивита выдвинул идею параллельного переноса вектора в многомерном пространстве по аналогии с параллельным переносом вектора в трехмерном пространстве и на плоскости (Г.Вейль, «Математическое мышление», 1989). Роль подсказки при этом сыграли исследования Миндинга (1837). В статье «Параллельное перенесение» (электронная энциклопедия «Википедия») отмечается: «Развитие понятия параллельного переноса началось с обычного параллелизма на евклидовой плоскости, для которой Миндинг в 1837 г. указал возможность обобщить ее на случай поверхности в  $R^3$  с помощью введенного им понятия развертывания кривой  $\gamma \in S$  на плоскость  $R^2$ . Это указание Миндинга послужило отправным пунктом для Леви-Чивиты, который, оформляя аналитически параллельный перенос касательного вектора на поверхности, обнаружил зависимость его только от метрики поверхности, и на этой основе обобщил его сразу на случай  $n$ -мерного риманова пространства» (энциклопедия «Википедия»).

**179) Аналогия Александра Котельникова.** А.П.Котельников (1895, 1899) разработал винтовое исчисление по аналогии с векторным исчислением В.Гамильтона (1853). А.Т.Григорьян и И.Б.Погребысский в книге «История механики с конца 18 века до середины 20 века» (1972) констатируют: «Винтовое исчисление Котельникова выросло из доказанной им теоремы о так называемых «винтовых интегралах», частными случаями которых являются интеграл движения центра тяжести системы материальных точек и интеграл площадей. Изучая образование из двух винтовых интегралов третьего при помощи скобок Пуассона, Котельников приходит к операции умножения винтов, аналогичной векторному умножению векторов. Эта операция вместе с операциями, определенными Болом, позволила Котельникову построить исчисление винтов, вполне аналогичное векторному исчислению» (Григорьян, Погребысский, 1972, с.340). Со слов данных историков науки, «по аналогии со скалярным и векторным произведениями Гамильтона Котельников определял скалярное и винтовое произведения винтов...» (там же, с.340). Винтовые интегралы, теория которых весьма изящно излагается при помощи винтового исчисления, были открыты незадолго до

Котельникова итальянским механиком В.Черрути, который, однако, не дал этой теории дальнейшего развития. «Наибольшее значение в развитии неевклидовой механики, - указывают Григорьян и Погребысский, - имеет работа А.П.Котельникова, в которой его винтовое исчисление обобщается на трехмерные неевклидовы пространства Лобачевского и Римана» (Григорьян, Погребысский, 1972, с.343).

**180) Аналогия Курта Гензеля.** Известный немецкий математик Курт Гензель (1897) построил теорию  $p$ -адических чисел по аналогии с теорией полиномов (многочленов) в комплексной области. Ф.А.Маврикиди в статье «Фракталы: постигая взаимосвязанный мир» (журнал «Грани науки», № 3, 2000 г.) пишет: «В математику  $p$ -адические числа были введены в конце XIX века немецким математиком К.Гензелем по аналогии с полиномами в комплексной области. Оказалось, что числа и функции комплексного переменного во многом ведут себя сходным образом. Подобно тому, как комплексные числа аналогичны векторам на плоскости,  $p$ -адические числа представляют аналогию разложения в так называемый ряд Лорана произвольной функции и записываются в виде либо бесконечного ряда по степеням какого-либо простого числа... либо в записи, подобной десятичной записи числа, но только с бесконечной «целой» частью, соответствующей положительным степеням...» (Ф.А.Маврикиди, 2000). Об этой же аналогии К.Гензеля пишет Герман Вейль в очерке «Полвека математики» (1969): «Новая техника « $p$ -адических чисел» была введена в алгебру и теорию чисел К.Гензелем в самом начале столетия, важность ее с тех пор все возрастала. Гензель создал это орудие по аналогии со степенными рядами, которые играли такую важную роль в созданной Риманом и Вейерштрассом теории алгебраических функций одной переменной и интегралов от этих функций (абелевых интегралов)» (Вейль, 1969, с.15). Наконец, ту же трактовку находим в 1-ом томе «Математической энциклопедии», написанной под редакцией И.М.Виноградова (1977): «Многие задачи и построения в теории алгебраических чисел служат мотивировкой для аналогичных задач и построений в полях алгебраических функций, и наоборот. Так, например, перенос разложения Пюизе в теорию алгебраических чисел привел к созданию К.Гензелем  $p$ -адического метода в теории чисел. Теория полей классов, первоначально относящаяся к алгебраическим числам, была позже перенесена на функциональный случай» («Математическая энциклопедия», 1977, с.166).

**181) Аналогия Эрика Ивара Фредгольма.** Выдающийся математик Э.И.Фредгольм (1900) создал теорию линейных интегральных уравнений, которая является мощным методом математической физики, по аналогии с теорией линейных дифференциальных уравнений, а также индуктивно опираясь на частные случаи этой теории, известные математику Робэну. Фредгольм нашел выражение, являющееся детерминантом интегрального уравнения, содержащего неизвестную функцию от одной действительной переменной, по аналогии с нахождением детерминанта для системы линейных алгебраических уравнений. Он доказал абсолютную сходимость бесконечного ряда, выражающего этот детерминант, по аналогии с теоремой Ж.Адамара из теории определителей (детерминантов). В.С.Сологуб в книге «Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях» (1975) указывает, что Фредгольм открыл метод неопределенных коэффициентов в общей теории интегральных уравнений, который состоит в определении неизвестной функции, предполагаемой разложимой в ряд, путем вычисления ее коэффициентов, по аналогии с методом неопределенных коэффициентов из теории алгебраических уравнений. В.Тихомиров в статье «Математика в первой половине XX века» (журнал «Квант», 1999, № 1) констатирует: «Еще в конце прошлого века были обнаружены аналогии между теорией систем линейных уравнений конечного числа переменных и их бесконечномерных аналогов – линейных интегральных уравнений. Решающий сдвиг в теории был сделан Фредгольмом в 1900 году» (В.Тихомиров, 1999). Герман Вейль пишет о Фредгольме: «Открытие Фредгольма всегда казалось мне сильно запоздалым. Что может быть естественнее, чем идея о предельном переходе от дискретной системы материальных точек к сплошной среде, сопровождающемся переходом

от системы линейных уравнений, описывающих дискретные точки, к интегральному уравнению?» (Г.Вейль, «Математическое открытие», 1989).

**182) Аналогия Эли Картана.** Французский математик Э.Картан разработал метод подвижного репера для произвольных многообразий по аналогии с методом подвижного репера Гастона Дарбу для поверхностей. В 3-ем томе «Математической энциклопедии» (главный редактор – И.М.Виноградов, 1977) говорится о Картане: «Отправляясь от исследований Г.Дарбу по теории поверхностей, он рассмотрел метод подвижного репера для произвольного многообразия в  $R^a$  и пришел к теории уравнений структуры – далекого обобщения теории Дарбу, включившего в себя теорию С.Ли. В картановском понятии G-структуры соединились идеи римановой геометрии и теории действия групп Ли. По существу, Э.Картан ввел понятие касательного расслоения и его структурной группы, окончательно оформленного лишь в 40-х гг. 20 века» («Математическая энциклопедия», 1977, с.738).

**183) Аналогия Вацлава Серпинского.** Выдающийся польский математик В.Серпинский перенес на проблему Гаусса метод, разработанный в 1903 году Г.Вороным при исследовании остаточного члена в асимптотической формуле Дирихле. А.А.Карацуба в статье «Иван Матвеевич Виноградов» (журнал «Успехи математических наук», 1981, том 36, выпуск 6 (222)) повествует: «В 1903 г. Г.Вороной разработал метод, с помощью которого доказал, что остаточный член в асимптотической формуле Дирихле, выражающей число целых точек с положительными координатами под гиперболой, не превосходит по порядку корня кубического из главного члена (метод Вороного с аналогичным результатом был перенесен В.Серпинским на проблему Гаусса)» (Карацуба, 1981, с.6).

**184) Аналогия Джозефа Веддерберна (Веддерборна).** Д.Веддерберн разработал ассоциативную конечномерную алгебру, рассматриваемую над произвольным полем, по аналогии с ассоциативной алгеброй Ф.Э.Молина и Э.Картана, которая рассматривалась над полем комплексных чисел. Во втором томе «Математической энциклопедии» (главный редактор – И.М.Виноградов, 1977) сначала описываются результаты Молина и Картана, а потом разъясняется суть переноса, осуществленного Веддерберном: «К началу 20 в. в работах Ф.Э.Молина и Э.Картана были получены наиболее значительные результаты по теории гиперкомплексных систем. К этому времени уже была достаточно развита теория гомоморфизмов, выяснена связь их с идеалами, появилось понятие прямой суммы алгебр. Ф.Э.Молин, рассматривая конечномерные ассоциативные алгебры над полем  $C$  комплексных чисел, ввел понятие простой алгебры...» («Математическая энциклопедия», 1977, с.954). Далее поясняется аналогия Веддерберна: «В начале 20 в. начинают рассматривать алгебры (ассоциативные и конечномерные) над произвольным полем, а не только над полями действительных или комплексных чисел. Дж.М.Веддерберн, совершенствуя технику идемпотентов Пирса, перенес результаты Ф.Э.Молина и Э.Картана на случай произвольного поля. Он же доказал, что любое конечное тело коммутативно» (там же, с.955). П.С.Колесников в автореферате докторской диссертации «Строение ассоциативных конформных алгебр» (Новосибирск, 2008) пишет: «Основой классической теории конечномерных ассоциативных алгебр являются теоремы Веддерберна о строении простых и полупростых алгебр. В частности, над алгебраическим замкнутым полем полупростая конечномерная алгебра изоморфна прямой сумме матричных алгебр над этим полем (для поля комплексных чисел соответствующая теорема была доказана Ф.Э.Молином еще в 1893 г.)» (Колесников, 2008, с.3).

**185) Аналогия Эмиля Артина.** Э.Артин нашел доказательство общего закона взаимности, когда по аналогии заимствовал (перенял) из работ русского математика Н.Г.Чеботарева прием присоединения полей деления круга, который сам Н.Г.Чеботарев планировал использовать

для доказательства того же закона. А.Ф.Лапко и Л.А.Люстерник в статье «Из истории советской математики» (журнал «Успехи математических наук», 1967, том 22, выпуск 6 (138)) цитируют Н.Г.Чеботарева: «Летом 1927 г., изучая теорию полей классов, я пришел к убеждению, что можно доказать закон Артина, воспользовавшись моим приемом присоединения полей деления круга. Когда у меня уже начали намечаться контуры доказательства, пока еще довольно смутные, мы переехали с дачи в город, и там я сейчас же увидел на библиотечной витрине томик Hamb.Abh. со статьей Артина... Моя досада была сразу смягчена, когда я увидел, что Артин упоминает в начале статьи, что основная мысль доказательства, присоединение полей деления круга, была им заимствована из моей работы. Я был очень тронут щепетильностью Артина в вопросах цитирования, так как между способами приложения метода присоединения полей деления круга в обеих статьях имеется лишь неполная аналогия. Закон взаимности Артина совершил переворот в теории полей классов – теории, внутренний смысл которой до сих пор полностью не разгадан...» (Лапко, Люстерник, 1967, с.116).

**186) Аналогия Уильяма (Вильяма) Бернсайда.** Английский математик У.Бернсайд (1911) внес заметный вклад в математическую теорию конечных групп в результате того, что по аналогии перенес в нее понятие нильпотентной группы, заимствованное из теории групп Ли (Софуса Ли). Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) отмечают: «Данная Бернсайдом [1911, с.166] характеристика конечных групп, являющихся прямыми произведениями групп, порядок которых есть степень простого числа, ясно демонстрирует перенос понятия нильпотентной группы с групп Ли на конечные группы» (Чандлер, Магнус, 1985, с.53). «Существует четко различимое, хотя не очень хорошо подтвержденное документально, - добавляют указанные авторы, - ранее влияние теории групп Ли на теорию конечных групп» (там же, с.53). Отметим, что нильпотентная группа – это группа, обладающая центральным рядом подгрупп. Минимальная из длин таких рядов называется ее классом нильпотентности.

**187) Аналогия Отто Юльевича Шмидта.** О.Ю.Шмидт (1913) сформулировал теорему об однозначном разложении групп в прямое произведение неразложимых сомножителей для класса произвольных некоммутативных групп по аналогии с эквивалентной теоремой Роберта Ремака для класса конечных абелевых групп. Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) констатируют: «Наряду с Ремаком [1911] О.Ю.Шмидт [1913] был первым, кто обобщил теорему об однозначном разложении групп в прямое произведение неразложимых сомножителей с класса конечных абелевых групп на класс всех конечных групп» (Чандлер, Магнус, 1985, с.60). А.Г.Курош в статье «Пути развития и некоторые очередные проблемы теории бесконечных групп» (журнал «Успехи математических наук», 1937, выпуск 3) пишет о теореме Ремака: «Первый и самый основной шаг в перенесении этой теоремы на бесконечные группы сделал О.Ю.Шмидт. Еще раньше Круль доказал справедливость этой теоремы для абелевых групп с произвольным множеством операторов, предполагая обрыв возрастающих и убывающих цепочек допустимых подгрупп... Основной результат Шмидта заключается в доказательстве теоремы Ремака для произвольных некоммутативных групп с обрывом цепочек в оба направления, т.е. для групп, обладающих композиционным рядом» (Курош, 1937, с.11). Теорема Ремака – это утверждение о том, что различные разложения группы в прямое произведение неразложимых сомножителей обладают одинаковым числом сомножителей, и между сомножителями обоих разложений можно установить взаимно однозначное соответствие.

**188) Аналогия Отто Шрейера.** О.Шрейер (1927) придал черты универсальности методу Рейдемейстера, который позволяет находить задание подгруппы  $H$  группы  $G$ , задание которой известно, когда по аналогии перенес метод Рейдемейстера на другие случаи. В частности, указанный метод был распространен на ситуации, когда подгруппа  $H$  не является

нормальным делителем в  $G$  и т.д. Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) пишут: «Шрейер в [1927 а] говорит о работе Рейдемейстера [1926]. Почти наверняка он присутствовал на докладе, который Рейдемейстер прочитал в январе 1926 г. в Гамбурге. Здесь мы рассмотрим лишь ту часть статьи Шрейера, которая посвящена вычислению заданий подгрупп. (...) Шрейер первым показал, что введенный Рейдемейстером метод можно распространить на случаи, когда подгруппа  $H$  не является нормальным делителем в  $G$  или когда  $G$  – бесконечно порожденная группа, или когда  $H$  имеет бесконечный индекс» (Чандлер, Магнус, 1985, с.103).



«...В комбинаторной теории групп он является центральной фигурой, и не только благодаря его важным вкладам в эту область, в частности теореме, носящей его имя, но также благодаря влиянию на других математиков и его обстоятельной монографии по теории групп, первое издание которой появилось в 1944 г. Другие части теории групп разрабатывались в России задолго до Куроша, но, вне всякого сомнения, он и его ученики сыграли важную роль в том, что Советский Союз стал выдающимся центром исследований по комбинаторной теории групп».

Б.Чандлер и В.Магнус об А.Г.Куроше

**189) Аналогия Александра Куроша.** Выдающийся советский математик А.Г.Курош (1934) получил новые результаты в теории свободных произведений групп, когда по аналогии перенес в эту теорию идеи и теоремы теории прямых произведений групп. Б.Чандлер и В.Магнус в книге «Развитие комбинаторной теории групп» (1985) говорят об этой аналогии Куроша в форме гипотезы, но не подлежит сомнению, что эта гипотеза соответствует действительности. Б.Чандлер и В.Магнус пишут: «Поскольку О.Ю.Шмидт в [1916] подчеркивал важность включения, насколько это возможно, бесконечных групп в общую теорию абстрактных групп и поскольку А.Г.Курош посещал в 1930 г. семинар Шмидта, мы высказываем предположение, что статья Куроша 1934 г. мотивировалась попыткой перенести теорию прямых произведений групп в теорию недавно открытых свободных произведений групп, которые, как отмечает Курош, были введены Шрейером в [1927 а]» (Чандлер, Магнус, 1985, с.60). А.Г.Курош также перенес в теорию свободных групп теорему Ремака-Шмидта из теории прямых произведений. В статье «Пути развития и некоторые очередные проблемы теории бесконечных групп» (журнал «Успехи математических наук», 1937, выпуск 3) он указывает: «Для групп, разложимых в свободное произведение с неразложимыми далее множителями, справедлива теорема, аналогичная теореме Ремака-Шмидта для прямых произведений: если группа двумя способами разложима в свободное произведение неразложимых множителей, то множители этих разложений можно так поставить во взаимно однозначное соответствие, что соответствующие множители будут изоморфными» (Курош, 1937, с.14).

**190) Аналогия Александра Куроша.** А.Г.Курош (1937) пришел к идее об использовании теоремы Жордана-Гельдера в теории групп, которые не обладают композиционным рядом, по аналогии с использованием данной теоремы в теории групп с композиционным рядом. А.Г.Курош в статье «Пути развития и некоторые очередные проблемы теории бесконечных групп» (журнал «Успехи математических наук», 1937, выпуск 3) говорит о себе: «Курош рассматривает вопрос об аналоге теоремы Жордана-Гельдера для групп, которые не обладают композиционным рядом. В таких группах любой нормальный ряд можно уплотнять бесконечно много раз. Это дает некоторое бесконечное упорядоченное множество подгрупп, каждая из которых может быть связана внутри этого множества конечным нормальным рядом с самой группой: такое множество подгрупп называется нормальным» (Курош, 1937, с.10).

Отметим, что теорема Жордана-Гельдера утверждает следующее: всякие два композиционных ряда группы имеют одинаковую длину, а факторы этих двух рядов совпадают с точностью до порядка, т.е. совокупность этих факторов есть инвариант самой группы.

**191) Аналогия Петра Рашевского.** Выдающийся советский математик П.К.Рашевский (1936) расширил арсенал идей математической теории обобщенных колец благодаря тому, что по аналогии перенес в эту теорию понятия теории групп. А.И.Мальцев в статье «Об одном классе алгебраических систем» (журнал «Успехи математических наук», 1953, том 8, выпуск 1) пишет: «Одна из первых попыток включить теорию групп в теорию обобщенных колец принадлежит П.К.Рашевскому [1], изучавшему обобщенные кольца с некоторыми дополнительными аксиомами, оказавшимися достаточными для перенесения в теорию обобщенных колец обычных теоретико-групповых теорем о нормальных рядах и прямых произведениях» (Мальцев, 1953, с.165). В подтверждение аналогии Рашевского А.И.Мальцев отмечает: «Известно, что многие теоремы прямых произведений, нормальных рядов и нильпотентных систем формулируются аналогично для групп и для колец. Рассматривая кольца как группы с операторами, удается часть этих параллельных результатов объединить в одной общей теории. Иногда для той же цели хорошо служит теория структур. Однако вместо того, чтобы рассматривать кольца как группы, можно, наоборот, группы рассматривать как обобщенные кольца, в которых сложением служит групповая операция, а умножением – операция коммутирования» (там же, с.165).

**192) Аналогия Соломона Лефшеца.** Американский математик С.Лефшец (1921) получил ряд новых результатов в теории алгебраических комплексных проективных многообразий (в алгебраической геометрии), когда по аналогии перенес в нее идеи новой науки – топологии, основы которой заложил А.Пуанкаре. В 1-ом томе «Математической энциклопедии», написанной под редакцией И.М.Виноградова (1977) констатируется: «В 1921 г. С.Лефшец начал применять новую науку – топологию – к изучению алгебраических многообразий над полем комплексных чисел. Его первоначальной целью было упрощение результатов Э.Пикара и А.Пуанкаре и обобщение их на многомерный случай. Однако он сделал значительно больше и его работы открыли новую область исследований в алгебраической геометрии» («Математическая энциклопедия», 1977, с.127). В статье «Страница математической автобиографии» (журнал «Успехи математических наук», 1970, том 25, выпуск 6 (156)) С.Лефшец отмечает: «Как я теперь вижу, мне повезло всадить гарпун алгебраической топологии в кита алгебраической геометрии. Мы не должны, однако, заходить в этой аналогии слишком далеко» (Лефшец, 1970, с.193-194). Однако С.Лефшец был не первым, кто экстраполировал идеи и методы топологии в область алгебраической геометрии. До него это делали Риман и Пуанкаре, а после него – Пикар и Ситар. М.Горески и Р.Макферсон в книге «Стратифицированная теория Морса» (1991) подчеркивают: «Идея применения топологии в алгебраической геометрии принадлежит не Лефшецу. На самом деле, как явствует из [Po1], она послужила одним из мотивов, побудивших Римана и Пуанкаре к разработке теории гомологий. В 1897 г. Пикар и Ситар ([PS]) предприняли исследование гомологий аффинных алгебраических поверхностей при помощи теории Пикара-Лефшеца (так что их книгу надо тоже считать предвестником теории Морса)» (Горески, Макферсон, 1991, с.47). Следует сказать, что С.Лефшец также переносил результаты теории алгебраических многообразий (алгебраической геометрии) в топологию. С.П.Новиков в статье «Алгебраическая топология» (журнал «Современные проблемы математики», 2004, выпуск 4) указывает: «С.Лефшец создал глубокую теорию гомологий алгебраических комплексных проективных многообразий, перенес ее идеи в топологию, особенно теорию пересечений циклов» (Новиков, 2004, с.7).



«...Многие крупные ученые – математики и философы – к числу величайших достижений научной мысли минувшего столетия относят и теорему Геделя. Ведь если эпохальные прорывы в области физики дали возможность человеческому разуму постичь новые законы природы, то работа Геделя позволила лучше понять принципы действия самого человеческого разума, и оказала глубокое влияние на мировоззрение и культуру нашей эпохи».

А.Музыкантский о Курте Геделе

**193) Аналогия Курта Геделя.** К.Гедель (1931) нашел доказательство теоремы о неполноте, согласно которой нельзя обосновать истинность арифметики средствами самой арифметики, когда по аналогии перенес в область решения данной задачи так называемый парадокс Эпименида. Р.Пенроуз в книге «Тени разума: в поисках науки о сознании» (2005) пишет: «Свою знаменитую теорему Гедель сформулировал, вдохновившись одним известным самоотносимым логическим парадоксом (так называемым парадоксом Эпименида). При этом ошибочное рассуждение, приводящее к парадоксу, Геделю удалось трансформировать в логически безупречное доказательство» (Р.Пенроуз, 2005). В.А.Успенский в статье «Теорема Геделя о неполноте и четыре дороги, ведущие к ней» (летняя школа «Современная математика», Дубна, 2007), связывая данный парадокс с именем Эвбулида, а не Эпименида, пишет: «...Парадокс возник в IV веке до нашей эры у древнегреческого софиста Эвбулида, которому приписывают такое высказывание: «Высказывание, которое я сейчас произношу, ложно». Попытка выяснить, истинно оно или ложно, ведет к противоречию; поэтому, с точки зрения логики, оно вообще не есть высказывание. Основываясь на этой идее, Гедель нашел формулу, выражающую недоказуемость самой себя. Легко понять, что эта формула истинна, но не доказуема. В самом деле, если бы она была доказуема, то выражала бы истину и, следовательно, была бы недоказуема. Значит, она недоказуема. Значит, формула, выражающая эту недоказуемость (то есть она сама) истинна. Вот мы и нашли истинную, но не доказуемую формулу, существование которой провозглашает теорема Геделя» (В.А.Успенский, 2007). Наконец, Н.Вавилов в книге «Не совсем наивная теория множеств» (электронный ресурс) отмечает, что Гедель использовал оба парадокса: «Эти парадоксы произвели громадное впечатление на греков, согласно легенде, они привели к самоубийству Филлита Киосского. Идея этих парадоксов положена в основу доказательства теоремы Геделя о неполноте» (Н.Вавилов, Интернет).

**194) Аналогия Джеймса Александера.** Американский математик Джеймс Александер (1936) получил ряд важных результатов в гомологической алгебре, когда перенес в нее конструкцию алгебры Анри Картана. М.М.Постников в статье «Теория гомологий гладких многообразий и ее обобщения» (журнал «Успехи математических наук», 1956, том 11, выпуск 1 (67)) указывает: «...Мы постараемся перенести на любые топологические пространства конструкцию алгебры Картана гладкого многообразия. Впервые это перенесение было осуществлено Александером [8], который в предисловии к своей работе подчеркивал аналогию предложенных им конструкций с конструкцией алгебры Картана. Сходные конструкции были одновременно предложены А.Н.Колмогоровым [9]» (Постников, 1956, с.145-146). «Аналогия между алгеброй Александера  $S(X, A)$  и алгеброй Картана  $S(M)$ , - продолжает М.М.Постников, - не исчерпывается тем, что обе алгебры являются аппроксимирующими перекрытиями соответствующих пространств. В случае, когда в кольце  $A$  определено деление на любое целое число, можно сильнее подчеркнуть эту аналогию, несколько видоизменив определение алгебры Александера» (там же, с.149).



«Андрей Николаевич принадлежал к числу тех несравненных гениев, которые украшают жизнь уже самим фактом своего существования. Одно лишь сознание того, что где-то на Земле бьется сердце человека, наделенного столь совершенным разумом и бескорыстной душой, окрыляло, дарило радость, давало силы жить, уберегало от дурных поступков и вдохновляло на благие дела».

В.М.Тихомиров о А.Н.Колмогорове

**195) Аналогия Андрея Колмогорова.** А.Н.Колмогоров (1933) построил аксиоматическую теорию вероятностей по аналогии с аксиоматической теорией множеств и функций. Он обнаружил связь между теорией вероятностей и теорией множеств благодаря исследованиям Бореля и Лебега, которые заметили аналогию между мерой множества и вероятностью события, а также между интегралом от функции и математическим ожиданием случайной величины. В предисловии к первому изданию книги «Основные понятия теории вероятностей» (1974) сам Колмогоров подчеркивает: «Ведущей мыслью автора было при этом естественное включение основ теории вероятностей, считавшихся еще недавно совершенно своеобразными, в ряд общих понятий современной математики. До возникновения лебеговой теории меры и интеграла эта задача была почти безнадежна. После исследований Лебега стала ясной аналогия между мерой множества и вероятностью события, а также между интегралом от функции и математическим ожиданием случайной величины. Эта аналогия допускает и дальнейшее продолжение: так, например, многие свойства независимых случайных величин вполне аналогичны соответствующим свойствам ортогональных функций. Для того, чтобы, исходя из этой аналогии, обосновать теорию вероятностей, следовало еще освободить теорию меры и теорию интегрирования от геометрических элементов, которые еще имелись у Лебега. Это освобождение было осуществлено Фреше» (Колмогоров, 1974, с.5). В книге «Очерки истории теории функций действительного» (1975) Ф.А.Медведев пишет о рождении теории Колмогорова: «Как и в случае с функциональным анализом, из теории множеств и функций в теорию вероятностей переносились не только общие идеи и методы, но и относительно частные понятия, приемы исследования, техника рассуждений» (Ф.А.Медведев, 1975). «Так, после того, как случайные события были интерпретированы в виде множеств, - отмечает Медведев, - теоретико-вероятностные понятия несовместимости событий, их одновременной реализации, наступления, по крайней мере, одного события из некоторой их совокупности, противоположного события, невозможного события, превратились соответственно в непересечение множеств, их пересечение, сумму, дополнение множества, его пустоту. Тем самым аппарат основных операций над множествами чуть ли не автоматически превращался в схемы теоретико-вероятностных рассуждений...» (Ф.А.Медведев, 1975). Об этом же пишет В.Ф.Панов в книге «Математика древняя и юная» (2006): «Используя результаты работ многих математиков, в особенности Э.Бореля, А.Ломнитского, а также теорию множеств и теорию меры, Колмогоров в 1933 г. построил математически строгую теорию вероятностей. В основе разработанной им теории лежит тот факт, что любое событие, вероятность которого мы хотим найти, может быть представлено в виде некоторого подмножества элементарных событий» (Панов, 2006, с.466).

**196) Аналогия Андрея Колмогорова.** А.Н.Колмогоров сформулировал закон повторного логарифма для сумм независимых случайных величин по аналогии с законом повторного логарифма, который открыл А.Я.Хинчин (1924) для схемы Бернулли. Б.В.Гнеденко в статье «О работах А.Н.Колмогорова по теории вероятностей» (журнал «Успехи математических

наук», 1963, том 28, выпуск 5 (113)) отмечает: «В 1924 г. А.Я.Хинчин открыл для схемы Бернулли замечательную новую закономерность, получившую наименование закона повторного логарифма. Позднее ему удалось посредством сложного технического приема распространить этот результат на схему независимых испытаний Пуассона. Эти исследования Хинчина натолкнули А.Н.Колмогорова на мысль о распространении полученных результатов на суммы независимых случайных величин [20]» (Гнеденко, 1963, с.7).

**197) Аналогия Андрея Колмогорова.** А.Н.Колмогоров нашел инвариантный тор в фазовом пространстве неинтегрируемой системы, когда по аналогии перенес в область решения данной задачи метод Ньютона в функциональном пространстве. В.И.Арнольд в статье «Об А.Н.Колмогорове», представленной в книге «Колмогоров в воспоминаниях» (1993) пишет: «Но как найти инвариантный тор в фазовом пространстве неинтегрируемой системы? Естественно начать с теории возмущений, рассмотрев систему, близкую к интегрируемой. Различные варианты теории возмущений многократно обсуждались в небесной механике, а потом – в ранней квантовой механике. Но все эти теории возмущений приводят к расходящимся рядам. Андрей Николаевич понял, что расхожимость можно преодолеть, если вместо разложений по степеням малого параметра использовать метод Ньютона в функциональном пространстве (о котором он незадолго до того прочел в статье Л.В.Канторовича «Функциональный анализ и прикладная математика» в «Успехах математических наук»)» (книга «Колмогоров в воспоминаниях», 1993). Отметим, что принцип сохранения инвариантного тора, сформулированный А.Н.Колмогоровым, лег в основу КАМ-теории – варианта теории неинтегрируемых динамических систем. Название данной теории происходит от фамилий трех ученых, создавших ее: Колмогоров, Арнольд, Мозер.

**198) Аналогия А.Н.Колмогорова, В.И.Арнольда и Ю.Мозера.** Одной из исходных посылок математического аппарата теории динамических систем, построенной А.Н.Колмогоровым, В.И.Арнольдом и Ю.Мозером, была аналогия с методом решения нелинейного уравнения, предложенным И.Ньютоном. Д.В.Аносов в очерке «О развитии теории динамических систем за последнюю четверть века» (сайт «Научная сеть», 1998) пишет: «Начиная с К.Зигеля, применяются различные приемы борьбы с малыми знаменателями – более искусно построенные мажоранты у самого Зигеля, позднее метод КАМ (А.Н.Колмогорова-В.И.Арнольда-Ю.Мозера). В нем вместо разложений в ряды используется сходящийся быстрее более сложный процесс с бесконечным числом замен переменных; другой аспект этого метода состоит в некоторой аналогии с методом Ньютона решения нелинейного уравнения (по словам самого Колмогорова, он отчасти руководствовался этой аналогией)» (Д.В.Аносов, 1998). В принципе, данная аналогия переключается с аналогией А.Н.Колмогорова, которую он провел, осуществив перенос в область решения задачи поиска инвариантных торов в фазовом пространстве неинтегрируемой системы так называемый метод Ньютона в функциональном пространстве. Но мы развели данные аналогии, чтобы показать, что помимо А.Н.Колмогорова, ее развивали в дальнейшем другие ученые.

**199) Аналогия Лазаря Люстерника.** Советский математик Л.А.Люстерник (1934) сформулировал фундаментальную теорему дифференциального исчисления - теорему о неявных функциях – для бесконечномерного случая по аналогии с теоремой о неявных функциях для конечномерного случая. В статье «Сергей Михайлович Никольский» (журнал «Квант», 2005, № 4) отмечается: «В 1933 году вышел перевод на французский язык книги выдающегося польского математика Стефана Банаха «Теория линейных операций» - основополагающего труда по функциональному анализу. Одну книгу прислали А.Н.Колмогорову для рецензирования, еще одну передали в библиотеку Московского университета. В 1934 году увидели свет две классические работы: А.Н.Колмогорова, где впервые были определены топологические векторные пространства, сыгравшие огромную

роль в исследовании обобщенных функций, и Л.А.Люстерника, перенесшего на бесконечномерный случай одну из самых фундаментальных теорем дифференциального исчисления – теорему о неявных функциях» (журнал «Квант», 2005, № 4, с.7).

**200) Аналогия Рональда Фишера.** Английский математик, создатель дисперсионного анализа, Рональд Фишер разработал теорию статистических оценок в результате того, что по аналогии перенес в нее метод наименьших квадратов Гаусса. Б.Л.Ван дер Варден в книге «Математическая статистика» (1960) повествует: «Отправным пунктом теории оценок является способ наименьших квадратов, развитый Гауссом. Гаусс указал два обоснования этого способа. Первое из них формулируется так: наивероятнейшим значением неизвестного параметра является такое значение, для которого вероятность наблюдаемого события будет наибольшей. Второе обоснование, которому сам Гаусс отдавал предпочтение, исходит из того требования, что оценки должны иметь возможно меньшие средние ошибки. Р.А.Фишер распространил оба этих обоснования на значительно более общие проблемы отыскания оценок» (Ван дер Варден, 1960, с.12).

**201) Аналогия Эберхарда Хопфа.** Немецкий математик Э.Хопф (1942) построил теорию бифуркаций фазового портрета системы для многомерного случая по аналогии с теорией бифуркаций фазового портрета системы А.А.Андропова для плоскости. Как известно, бифуркация Хопфа состоит в возникновении автоколебаний в результате рождения в фазовом пространстве предельного цикла при превышении некоторым управляющим параметром соответствующего бифуркационного значения. В.И.Арнольд в статье «Особенности, бифуркации и катастрофы» (журнал «Успехи физических наук», 1983, том 141, выпуск 4) отмечает: «...Бифуркация фазового портрета на плоскости изучена А.А.Андроновым (результаты опубликованы в известной книге Андропова и Хайкина в 1937 г.). В 1942 г. Э.Хопф перенес часть теории Андропова на многомерный случай. Поэтому рассматриваемая бифуркация на Западе сейчас обычно называется бифуркацией Хопфа» (Арнольд, 1983, с.588). Об этом же В.И.Арнольд пишет в книге «Новый обскурантизм и российское просвещение» (2003): «Поучительно, что открытая Пуанкаре и разработанная Андроновым теория рождения предельных циклов из теряющих устойчивость положений равновесия называется сегодня обычно (даже в России) бифуркацией Хопфа. Э.Хопф опубликовал часть этой теории через пару десятков лет после публикации Андропова и более чем через полвека после Пуанкаре, но он в отличие от них жил в Америке, так что сработал известный эпонимический принцип: если какой-либо объект носит чье-либо имя, то это не имя первооткрывателя (например, Америка носит имя не Колумба)» (В.И.Арнольд, 2003). Реконструкция В.И.Арнольда совпадает с описанием Ф.Диаку и Ф.Холмса, которые в книге «Небесные встречи» (2004) пишут об указанной бифуркации: «Эта частная бифуркация носит имя немецкого математика Эберхарда Хопфа. Вообще-то она входит в теорию, разработанную сначала Пуанкаре, а позднее Андроновым и его соратниками для двумерных систем. В 1942 году Хопф распространил эту теорию на дифференциальные уравнения с произвольно большим числом измерений» (Диаку, Холмс, с.208).

**202) Аналогия Джорджа Биркгофа.** Американский математик Д.Биркгоф установил существование периодических геодезических кривых на произвольной многомерной римановой сфере по аналогии с исследованиями А.Пуанкаре (1905), который установил существование подобных геодезических кривых на выпуклой двумерной сфере. В.В.Козлов в статье «Вариационное исчисление в целом и классическая механика» (журнал «Успехи математических наук», 1985, том 40, выпуск 2 (242)), сравнивая по степени сложности различные задачи определения геодезических кривых, указывает: «Задача о существовании периодических геодезических в случае односвязного  $M$  намного сложнее. В 1905 г. Пуанкаре установил существование таких кривых на выпуклой двумерной сфере. Позже этот результат

был распространен Биркгофом на случай произвольной многомерной римановой сферы» (Козлов, 1985, с.41).

**203) Аналогия Гаррета Биркгофа.** Г.Биркгоф, сын Джорджа Биркгофа, пришел к мысли о применении метода группового анализа дифференциальных уравнений в механике сплошной среды, когда заметил аналогию между теорией размерности и подобия и геометрической теорией инвариантов относительно преобразований координат. В.О.Бытев в кандидатской диссертации «Дифференциальные уравнения инвариантных подмоделей континуума» (2003) пишет: «Систематическое исследование непрерывных групп преобразований было начато во второй половине XIX века норвежским математиком Софусом Ли (1842-1899). Однако широкого применения к исследованию моделей механики сплошной среды в то время групповой анализ дифференциальных уравнений не получил, хотя многие методы исследования имеют групповую природу. Целенаправленный поиск частных решений осуществлялся, в основном, методами теории размерности и подобия. Но уже тогда было осознано, что имеется некоторая аналогия между теорией размерности и подобия и геометрической теорией инвариантов относительно преобразований координат [4]. Впервые наиболее полно исследовал взаимосвязь между этими двумя теориями Г.Биркгоф [5]. На примере уравнений механики он демонстрирует применение группового анализа к отысканию некоторого класса частных решений» (В.О.Бытев, 2003).

**204) Аналогия Гаррета Биркгофа.** Г.Биркгоф построил математическую теорию структур по аналогии с теоремами обычной алгебры. Г.Биркгоф в книге «Теория структур» (1952) указывает: «Существует глубокая аналогия между выражениями  $x \cup y$ ,  $x \cap (y \cup z)$ , встречающимися в теории структур, и подобными выражениями  $x + y$ ,  $x(y + z)$ , относящимися к обычной алгебре». «Аналогия между описанием структур при помощи  $L_1 - L_4$  и обычными определениями групп, колец и т.д. наводит на мысль применить к структурам общую терминологию абстрактной алгебры» (Биркгоф, 1952, с.40).

**205) Аналогия Павла Александрова.** Известный советский тополог П.С.Александров нашел новые подходы к решению некоторых задач в теории множеств, когда по аналогии перенес в эту теорию методы комбинаторной топологии. В статье «Топология», представленной в сборнике «Математика и естествознание в СССР» (1938), П.С.Александров указывает: «...Топологические свойства поверхности полностью отражаются в комбинаторных свойствах произвольно выбранных разбиений поверхности на треугольники, тогда как топологические свойства более общих компактных пространств могут быть выражены лишь через совокупность свойств бесконечной последовательности покрытий. Это обстоятельство сделалось исходной точкой построенной П.С.Александровым теории проекционных спектров, устанавливающей возможность рассматривать каждое компактное метрическое пространство в некотором вполне определенном смысле как предел последовательности комплексов. Этот факт открывает принципиальную возможность перенесения на сколь угодно сложные теоретико-множественные образования тех понятий и тех методов исследований, которые вырабатывались в комбинаторной топологии, что в свою очередь совершенно изменило логическую структуру самой топологии: противоположение комбинаторной и теоретико-множественной топологии потеряло под собой почву; теоретико-множественная топология сделалась как бы предельным случаем комбинаторной...» (П.С.Александров, 1938).

**206) Аналогия Сергея Львовича Соболева.** Известный русский математик С.Л.Соболев (1935, 1936) построил теорию обобщенных функций, когда обнаружил связь (аналогию) между теорией уравнений математической физики и теорией функционального анализа. Обнаружение этой аналогии привело С.Л.Соболева к мысли о переносе достижений функционального анализа в теорию уравнений математической физики, то есть в теорию

дифференциальных уравнений в частных производных. В частности, С.Л.Соболев выдвинул гипотезу о возможности решения дифференциального уравнения в частных производных как функционала (обобщенной функции). Б.М.Писаревский и В.Т.Харин в статье «С.Л.Соболев. Новый подход к постановке и решению задач математической физики», содержащейся в их книге «Беседы о математике и математиках» (1998) указывают: «Новый побег – теория обобщенных функций – оказался детищем исключительно плодотворного союза двух областей математики: уравнений математической физики и функционального анализа. Дитя выросло настолько талантливым, что каждый из родителей охотно приписывает его достижения себе. Во всяком случае, раздел «Обобщенные функции» включается во все современные руководства и по уравнениям математической физики, и по функциональному анализу» (Б.М.Писаревский, В.Т.Харин, 1998). «В функциональном анализе, - поясняют Б.М.Писаревский и В.Т.Харин, - функции тех или иных классов рассматриваются как точки функциональных пространств, а числовые функции, определенные на этих пространствах, называются функционалами. В пионерских работах С.Л.Соболева, опубликованных в 1935-1936 годах, и была впервые предложена новая замечательная концепция – решение дифференциального уравнения в частных производных надо рассматривать как обобщенную функцию (функционал). Созданное С.Л.Соболевым понятие обобщенной функции вызвало к жизни новые методы, позволившие решить ряд давно стоявших проблем математической физики, придать окончательную форму многим ранее полученным результатам, поставить и решить ряд новых задач» (Б.М.Писаревский, В.Т.Харин, 1998). Можно сказать, что С.Л.Соболев разработал теорию обобщенных функций, когда по аналогии перенес в область линейных волновых уравнений уже готовую теорию «функций от областей», примененную его учителем Н.Гюнтером в области нелинейных уравнений Навье-Стокса. В.И.Арнольд в статье «Недооцененный Пуанкаре» (журнал «Успехи математических наук», 2006, том 61, выпуск 1 (367)) указывает: «Когда в Москве начали «изживать Лузинщину в научной среде», в Ленинграде нужно было найти аналогичную жертву, и в качестве аристократа с антипролетарскими тенденциями был избран Н.Гюнтер. Спасаясь от этих нападков, Гюнтер стремился набрать пролетарских и даже коммунистических учеников. Наиболее талантливым из них оказался (отнюдь не пролетарий) Сергей Львович Соболев, которому Гюнтер и предложил перенести уже готовую теорию «функций от областей» (не имеющих, подобно  $b$ -функции, значений во всех точках, но имеющих вполне определенные интегралы по различным областям) – эту теорию, примененную самим Гюнтером к нелинейным уравнениям Навье-Стокса, он предложил Соболеву применить к линейному волновому уравнению (имея в виду приложения в сейсмологии, полезные пролетариату)» (Арнольд, 2006, с.8).

**207) Аналогия Лорана Шварца.** Французский математик, лауреат премии Филдса за 1950 год Лоран Шварц развил теорию обобщенных функций по аналогии с исследованиями С.Л.Соболева, который одним из первых предложил искать решение дифференциальных уравнений в частных производных в виде функционала (обобщенной функции). Если существует аналогия как прямое заимствование, то в творчестве Шварца, вероятно, мы имеем дело с подобной аналогией. В.И.Арнольд в статье «Недооцененный Пуанкаре» (журнал «Успехи математических наук», 2006, том 61, выпуск 1 (367)) пишет: «Лоран Шварц сказал мне в 1965 году, что С.Л.Соболев совершил грубую ошибку, публикуя свои великие работы (об обобщенных решениях дифференциальных уравнений в частных производных) в захолустном провинциальном журнале и на малоизвестном языке. Шварц добавил, что его собственный вклад состоял в переводе теории Соболева на английский язык и в ее публикации в популярном журнале» (Арнольд, 2006, с.8). Л.Шварц расширил арсенал методов теории обобщенных функций, которая также называлась теорией распределений, когда по аналогии перенес в нее теорию преобразования Фурье. С.Кутателадзе в статье «Сергей Соболев и Лоран Шварц» (газета «Наука в Сибири», 2003, № 45 (2431)) подчеркивает: «В 1945 г. Л.Шварц независимо пришел к тем же идеям и перенес на

распределения классическую теорию преобразования Фурье» (С.Кутателадзе, 2003). Здесь С.Кутателадзе прав в том, что Л.Шварц перенес теорию преобразования Фурье в теорию обобщенных функций Соболева, но вряд ли прав, утверждая о независимости исследований французского математика.

**208) Аналогия Анатолия Мальцева.** Выдающийся советский математик А.И.Мальцев (1936-1961) создал теорию алгебраических систем, когда по аналогии перенес в алгебру (в область универсальных алгебр и теорию групп) идеи и методы математической логики. Д.Смирнов и М.Тайцлин в предисловии к книге А.И.Мальцева «Алгебраические системы» (1970) указывают: «А.И.Мальцев является одним из создателей теории алгебраических систем, возникшей в результате применения к алгебре методов математической логики и занявшей поэтому пограничное положение между алгеброй и математической логикой» (Смирнов, Тайцлин, 1970, с.5). Сам А.И.Мальцев в указанной книге замечает: «В отличие от теории алгебр, теория моделей использовала богатый аппарат математической логики. Возможность плодотворного применения математической логики не только к изучению универсальных алгебр, но и к более классическим областям алгебры, например к теории групп, была обнаружена автором в 1936 г. В течение следующих 25 лет постепенно выяснилось, что обе теории – теория универсальных алгебр и теория моделей, - несмотря на некоторое различие в проблематике, столь тесно связаны, что имеет смысл говорить об одной дисциплине – теории алгебраических систем, предметом которой являются множества с определенными на них последовательностями операций и отношений (алгебраические системы). Формальным аппаратом этой теории служит язык так называемого прикладного исчисления предикатов, а сама теория должна рассматриваться как пограничная между математической логикой и алгеброй» (Мальцев, 1970, с.7).

**209) Аналогия Анатолия Мальцева.** А.И.Мальцев (1956) построил математическую теорию моделей по аналогии с теорией универсальных алгебр. В частности, он перенес в концепцию моделей одну из теорем Биркгофа о произведениях алгебр. А.Г.Курош в статье «Анатолий Иванович Мальцев» (журнал «Успехи математических наук», 1959, том 14, выпуск 6 (90)) пишет о Мальцеве: «В цикле работ [48], [49], [50] А.И., направляемый своими старыми интересами к вопросам математической логики, переходит к разработке теории моделей: доказывает локальные теоремы, рассматривает квазипримитивные классы универсальных алгебр и моделей, обобщает теорему Биркгофа о подпрямых произведениях алгебр, перенося ее на модели» (Курош, 1959, с.207). А.И.Мальцев в статье «Подпрямые произведения моделей» (сборник «Доклады АН СССР», 1956, том 109, № 2) сам описывает свою аналогию: «Теорема Биркгофа [1] о разложимости любой абстрактной алгебры в подпрямое произведение далее неразложимых сомножителей относится к классу всех алгебр, хотя в некоторых случаях желательно иметь аналогичную теорему для более узких или для более широких классов. Например, при изучении колец без делителей нуля или колец, вложимых в тело, естественно рассматривать разложения в подпрямые произведения колец только тех же классов. Непосредственно теоремой Биркгофа такие случаи не охватываются, так как факторкольца от вложимых колец, например, могут не быть вложимыми. В настоящей заметке указывается довольно широкая система классов, внутри которых теорема, аналогичная теореме Биркгофа, заведомо имеет место. При этом оказалось целесообразным перейти от алгебр к моделям» (А.И.Мальцев, 1956).

**210) Аналогия Абрахама Робинсона.** Известный математик А.Робинсон независимо от А.И.Мальцева построил математическую теорию моделей в результате того, что по аналогии перенес в алгебру понятия математической логики. В книге «Введение в теорию моделей и метаматерику алгебры» (1967) А.Робинсон повествует о результате своих исследований: «Основное внимание в этой работе было уделено логическому анализу методов абстрактной алгебры и применению результатов символической логики к соответствующим

алгебраическим задачам. Дальнейшее развитие этой теории привело к появлению новых разделов математики, известных в настоящее время под общим названием «Теория моделей» (Робинсон, 1967, с.14). «Так как методы, используемые в теории моделей, - поясняет А.Робинсон, - часто являются, если не по букве, то по духу, алгебраическими и так как алгебраические теории полей, колец, групп и т.п. ввиду прозрачности их структуры хорошо поддаются детальному логическому анализу, то теория моделей и метаматематика алгебры взаимно дополняют друг друга самым естественным образом, так что во многих случаях бывает нелегко решить, к какой из двух теорий относится данное свойство» (там же, с.17).

**211) Аналогия Стефана Банаха и Норберта Винера.** Польский математик С.Банах и американский математик, создатель кибернетики, Н.Винер (1932) построили метрику, с помощью которой можно мерить расстояние между точками в бесконечномерных пространствах, по аналогии с метрикой Г.Минковского, которая позволяла мерить расстояние между точками в конечномерном пространстве. П.А.Бородин и В.М.Тихомиров в статье «Критерии гильбертовости банахова пространства, связанные с теорией приближений» (журнал «Математическое просвещение», 1999, серия 3, выпуск 3) пишут: «Знаменитый немецкий математик Герман Минковский по каждому выпуклому ограниченному центрально-симметричному множеству в конечномерном пространстве построил метрику, с помощью которой можно мерить расстояние между точками, а американец Винер (изобретатель кибернетики) и поляк Банах распространили определение Минковского на бесконечномерные пространства. При этом изначальное множество является единичным шаром, расстояния от точек которого до начала координат не превосходят единицы. Эти пространства с введенной в них метрикой (и еще одним дополнительным свойством) называются банаховыми пространствами» (Бородин, Тихомиров, 1999, с.189).

**212) Аналогия Станислава Мазура.** Известный польский математик, друг Стефана Банаха, С.Мазур сформулировал для бесконечномерного случая теорему о строгой отделимости выпуклого замкнутого множества от точки, не принадлежащей ему, по аналогии с теоремой Минковского о строгой отделимости того же множества от точки для плоского случая. В.Тихомиров в статье «Геометрия выпуклости» (журнал «Квант», 2003, № 4) пишет: «Теорема о строгой отделимости и следствие из нее были доказаны замечательным немецким математиком Германом Минковским (1864-1909), который явился одним из основоположников выпуклой геометрии. Теорема Минковского была перенесена польским математиком Станиславом Мазуром (1905-1981) на бесконечномерный случай» (В.Тихомиров, 2003).

**213) Аналогия Альфреда Хаара, Льва Шнирельмана и других ученых.** А.Хаар внес весомый вклад в топологию, когда по аналогии перенес на широкий класс топологических групп основные понятия теории функций, в первую очередь аксиоматику меры и интеграла Лебега. Л.Шнирельман расширил понятийный арсенал теории чисел в результате того, что по аналогии перенес в эту теорию меру Лебега. Л.А.Люстерник в статье «Молодость Московской математической школы» (журнал «Успехи математических наук», 1967, том 22, выпуск 4 (136)) подчеркивает: «...Основные понятия теории функций, возникшие в связи с традиционными задачами анализа и вначале применявшиеся именно к ним, вследствие своей общности получили гораздо более широкое значение. Мы видели логическую простоту и естественность аксиоматики меры и интеграла Лебега, поэтому они неоднократно переносились на различные объекты. На этих понятиях, например, у А.Н.Колмогорова построена аксиоматика теории вероятностей. Хаар перенес эти понятия на широкий класс топологических групп, что позволило перенести на них весь аппарат анализа – это привело к исследованиям Л.С.Понтрягина, а затем других авторов, структуры таких групп. Н.Винер создал аналог мероопределения Лебега на классах кривых, и оно получило у него применение

к физике. Л.Г.Шнирельман создал аналог мероопределения в теории чисел и т.д.» (Люстерник, 1967, с.182).

**214) Аналогия Эдуарда Чеха.** Чешский математик Э.Чех расширил арсенал идей топологии, когда по аналогии перенес в область некомпактных пространств теорию гомологий. А.В.Чернавский в статье «Эдуард Чех» (журнал «Успехи математических наук», 1971, том 26, выпуск 3 (159)) цитирует Э.Чеха: «...Я пришел к мысли распространить теорию гомологий на некомпактные пространства после внимательного изучения мемуара П.С.Александрова...» (Чернавский, 1971, с.162). Кроме того, Э.Чех по аналогии использовал в своих исследованиях метод П.С.Александрова, состоящий во введении понятия нерва и в аппроксимации компактов комплексами, то есть нервами все более мелких покрытий. А.В.Чернавский в той же статье констатирует: «Чех применяет этот метод П.С.Александрова не только к топологическим пространствам, а просто к множествам с выделенной системой «сетей» - конечных наборов подмножеств с соответствующими условиями вписанности и т.д.» (там же, с.159). Кроме Э.Чеха, теория гомологий переносилась на общие пространства самим П.С.Александровым и Вьеторисом. С.П.Новиков в статье «Топология в XX веке: взгляд изнутри» (журнал «Успехи математических наук», 2004, том 59, выпуск 5 (359)) указывает: «Оказалось, что гомологии являются более грубыми инвариантами гомотопического типа, открытого Александром. Вьеторис, П.Александров и Чех распространили теорию гомологий на общие пространства» (Новиков, 2004, с.6).



С.Маклейн

«Многие задачи, которые не получалось решить раньше, стали легко решаемыми после того, как в математике появился новый язык – теория категорий. Забавно, но большинство математиков не помнит сегодня, что когда в начале 40-х годов XX века авторы теории категорий Сандерс Маклейн и Самуэль Эйленберг принесли статью о вновь созданной дисциплине в серьезнейший математический журнал *Annals of Mathematics*, ее категорически отвергли, а авторов обругали. Редактор же ожидал увидеть решение еще одной задачи, а не язык, с помощью которого потом будут решены сотни задач».

А.Шнейдер о С.Маклейне и С.Эйленберге

**215) Аналогия С.Эйленберга, С.Маклейна, Г.Хопфа и Э.Картана.** Выдающиеся американские математики С.Эйленберг и С.Маклейн (1942) и независимо от них Г.Хопф и Э.Картан (1942) получили огромное количество новых результатов в чистой алгебре, когда по аналогии перенесли в нее идеи и методы алгебраической топологии. Ж.Дьедоне в статье «Абстракция и математическая интуиция» (книга «Математики о математике», 1982) пишет: «Математики, работающие над алгебраической топологией, пришли к развитию целой серии специальных или на первый взгляд специальных для их объектов исследования методов. Речь шла о вопросах строго топологических до тех пор, пока в один прекрасный день алгебраисты Эйленберг и Мак Лени в 1942 году, Хопф и А.Картан примерно в то же время заметили, что в вопросах чистой алгебры встречаются аналогичные ситуации, и им пришла в голову мысль перенести на задачи чистой алгебры методы, успешно применяемые алгебраическими топологами; успех был совершенно необычайный: гомологическая алгебра явилась рикошетом интуиции чистых алгебраических топологов» (Ж.Дьедоне, 1982). С.С.Кутателадзе в статье «Саундерс Маклейн, рыцарь математики» (сайт «Сибирские электронные математические известия», том 2, 2005) подтверждает, что С.Эйленберг и С.Маклейн создали гомологическую алгебру, когда заметили сходство (аналогию) между задачами алгебры и топологии: «Исследования по гомологической алгебре и теории категорий Маклейн вел с Эйленбергом, с которым они познакомились в 1940 году. Эйленберг прибыл из Польши за

два года до этого. Заметив сходство алгебраических вычислений Маклейна с теми, что он встречал в алгебраической топологии, Эйленберг предложил Маклейну сотрудничество» (С.С.Кутателадзе, 2005).

**216) Аналогия Германа Вейля.** Г.Вейль (1943) получил ряд важных результатов в теории произвольных римановых поверхностей, когда по аналогии перенес в нее идеи теории мероморфных функций (мероморфных кривых). Г.Вейль реализовал данную аналогию (перенос) в книге «Мероморфные функции и аналитические кривые» (Принстон, 1943). И.М.Яглом в статье «Герман Вейль и идея симметрии», представленной в качестве предисловия к книге Г.Вейля «Симметрия» (2007) цитирует отрывок из книги Г.Вейля «Мероморфные функции и аналитические кривые»: «Пять лет тому назад мой сын Иоахим и я обнаружили в первобытном лесу математики побег, который мы назвали Мероморфной Кривой. Мы принесли его домой; он выглядел здоровым и привлекательным, однако мы не знали, как с ним надо обращаться. Позже появился садовник с Севера, искусный работник с большим опытом, Л.Альфурс было его имя; он знал, как надо ухаживать за нашим ростком, и под его наблюдением растение быстро обратилось в прекрасное дерево. Усвоив этот урок, мы со своей стороны решили осуществить одну идею, которую раньше представляли себе довольно смутно, а именно, пересадить дерево Мероморф с  $z$ -плоскости в горную местность произвольной римановой поверхности (я любил этот ландшафт с далеких дней моей юности). Эксперимент оказался удачным: на дереве стали видны почки, появились листья, однако только будущее сможет показать нам, какие плоды принесет наше дерево» (Вейль, 2007, с.29).

**217) Аналогия Германа Вейля.** Г.Вейль дал набросок теории компактных групп в результате того, что по аналогии перенес в нее результаты теории линейных представлений классических комплексных групп Ли. А.Вейль показал, что возможен и обратный перенос – распространение идей теории компактных групп в теорию линейных представлений классических групп Ли. Подобная экстраполяция получила название «унитарный трюк Вейля». В 4-ом томе «Математической энциклопедии» (главный редактор – И.М.Виноградов, 1984) описывается аналогия Г.Вейля: «...Результаты теории линейных представлений, полученные для классических комплексных групп Ли, переносятся на соответствующие компактные группы и наоборот («унитарный трюк» Вейля). В частности, с помощью интегрирования по компактной группе доказывается полная приводимость линейных представлений классических комплексных групп Ли» («Математическая энциклопедия», 1984, с.588).

**218) Аналогия Ларса Альфорса и Германа Вейля.** Лауреат премии Филдса (аналога Нобелевской премии для математиков) за 1936 год Ларс Альфорс совместно с Германом Вейлем и его сыном Иоахимом Вейлем обогатил новыми результатами теорию голоморфных кривых, когда по аналогии перенес в нее идеи теории распределения значений аналитических функций. Теория голоморфных кривых – это теория отображений комплексной плоскости в комплексное проективное пространство. Б.В.Шабат в предисловии к книге Ф.Гриффитса и Дж.Кинга «Теория Неванлинны и голоморфные отображения алгебраических многообразий» (1976) отмечает: «К тридцатым-сороковым годам относится дальнейшее существенное продвижение теории распределения значений: Ларс Альфорс нашел геометрический подход к этой теории, а в трудах Г. и И. Вейлей и Альфорса она была распространена на случай голоморфных кривых: отображений комплексной плоскости в комплексное проективное пространство» (Шабат, 1976, с.5).

**219) Аналогия Станислава Улама.** Выдающийся математик С.М.Улам пришел к идее об использовании характеристической функции Лапласа в математической теории ветвящихся процессов, по аналогии с применением данной функции в математической теории

вероятностей при нормальном суммировании случайных переменных. С.М.Улам в книге «Приключения математика» (2001) пишет о том, как ему и Хокинсу удалось адекватно описать ветвящиеся цепочки размножающихся нейтронов в ядерной физике: «Очень скоро Хокинс и я обнаружили фундаментальный прием, который позволял изучить математически такие ветвящиеся цепочки. Так называемая характеристическая функция, средство, придуманное Лапласом и применяемое при нормальном «суммировании» случайных переменных, оказалось именно тем инструментом, который был необходим для изучения процессов «размножения». Позже мы узнали, что еще раньше те же соображения и в этой же связи высказывал статистик Лотка. Однако реальная теория таких процессов, основанная на операции итерации функции или сопряженных функций операторов (более общий процесс), была заложена в Лос-Аламосе в нашем небольшом отчете» (Улам, 2001, с.143).

**220) Аналогия Станислава Улама.** С.М.Улам (1946) высказал гипотезу о возможности решения различных задач типа статистики размножения нейтронов с помощью генерации случайных чисел (случайных последовательностей) по аналогии с использованием подобной генерации при определении вероятности успешного исхода в карточной игре «пасьянс». Другими словами, знаменитый метод Монте-Карло, разработанный другом С.М.Улама Джоном фон Нейманом, впервые возник в виде необычной идеи в голове самого Улама по аналогии с попыткой реализации данного метода в одной из азартных игр. С.М.Улам в книге «Приключения математика» (2001) пишет: «Идея, названная впоследствии методом Монте-Карло, возникла у меня, когда во время своей болезни я играл в пасьянс. Как я заметил, получить представление о вероятности успешного исхода в пасьянс (к примеру, в игре «Канфилд» или какой-нибудь другой игре, в которой мастерство игрока не играет роли) можно гораздо более практичным способом, если, раскладывая карты, или экспериментируя с процессом, отмечать долю успешных результатов, а не пытаться просчитывать все комбинаторные варианты, число которых возрастает экспоненциально и которых бывает такое несметное множество, что оценить их всех просто не представляется возможным за исключением самых простых случаев. (...) Как бы то ни было, в достаточно сложных задачах фактическая выборка оказывается эффективнее, чем рассмотрение всех цепочек возможностей. Я подумал, что все это может быть одинаково справедливо для всех процессов с ветвящейся схемой событий, в том числе в получении и последующем размножении нейтронов в некоторых материалах, содержащих уран или какие-либо другие расщепляемые элементы. На каждой стадии процесса существует множество возможностей, определяющих судьбу нейтрона» (Улам, 2001, с.173). «Идея заключалась в том, - продолжает Улам, - чтобы испытать тысячи таких возможностей и на каждом этапе выбрать с помощью «случайного числа» с приемлемой вероятностью судьбу, или своего рода исход, и проследить, так сказать, ее линию вместо того, чтобы рассматривать абсолютно все ветви. Рассмотрев возможные «судьбы» для всего лишь нескольких тысяч возможных исходов, можно получить хорошую выборку и, следовательно, приближенное решение задачи» (там же, с.174).

**221) Аналогия Марстона Морса и Густава Хедлунда.** М.Морс и Г.Хедлунд (1930-е годы) расширили арсенал идей и методов вариационного исчисления и дифференциальной геометрии благодаря тому, что по аналогии перенесли в эти области понятия и методы символической динамики, основы которой заложил Ж.Адамар. Ф.Диакю и Ф.Холмс в книге «Небесные встречи. Истоки хаоса и устойчивости» (2004) пишут: «Символическая динамика родилась приблизительно в труде Жака Адамара. В тридцатые годы она получила дальнейшее развитие благодаря Марстону Морсу и Густаву Арнольду Хедлунду, которые применили ее к вариационному исчислению и дифференциальной геометрии. Символическая динамика сыграла очень важную роль в развитии теории динамических систем, а также в других областях математики» (там же, с.95).

**222) Аналогия Жана Лере.** Выдающийся французский математик, лауреат премии Вольфа за 1979 год Жан Лере (1934) совместно с польским математиком Юлием Шаудером получил ряд новых результатов в алгебраической топологии, когда по аналогии перенес на бесконечномерный случай теорему Брауэра (1911) о неподвижной точке непрерывного отображения сферы в себя. К.Узель в статье «Краткий исторический очерк. Возникновение теории пучков», которая содержится в книге М.Касивары и П.Шапиры «Пучки на многообразиях» (1997) указывает: «Находясь в качестве военнопленного в концентрационном лагере № 17 в Австрии, Жан Лере прочитал курс алгебраической топологии в организованном в лагере при его участии университете для заключенных. Это была тема, к которой он приступил еще в 1934 г. в совместной с Шаудером статье, посвященной обобщению на бесконечномерный случай понятия степени отображения и теоремы Брауэра о неподвижной точке [33]. Такого рода теорема для функциональных пространств была нужна Лере для того, чтобы установить существование решений нелинейных уравнений, которые встречаются в гидродинамике (и решения которых могут быть не быть ни регулярными, ни единственными)» (Узель, 1997, с.42).

**223) Аналогия Жана Лере.** Ж.Лере внес вклад в теорию компактных топологических пространств в результате того, что по аналогии перенес в нее результаты Хопфа о компактных ориентируемых многообразиях. К.Узель в статье «Краткий исторический очерк. Возникновение теории пучков», которая содержится в книге М.Касивары и П.Шапиры «Пучки на многообразиях» (1997) свидетельствует: «Лере перенес результаты Хопфа [23] о компактных ориентируемых многообразиях на случай компактных топологических пространств. Он развил теорию двойственности, позволяющую вычислять группы Бетти» (Узель, 1997, с.43).

**224) Аналогия Андре Вейля.** Французский математик Андре Вейль (1947) сформулировал гипотезу о том, что в теории алгебраических многообразий (алгебраической геометрии) должны действовать гипотеза Римана о распределении нулей дзета-функции и формула Лефшеца о неподвижной точке непрерывного отображения, по аналогии с действием указанных результатов Римана и Лефшеца в теории чисел (теории функций) и топологии. Другими словами, А.Вейль перенес в алгебраическую геометрию гипотезу Римана из теории чисел и топологическую формулу Лефшеца из топологии. Доказательству этих гипотез А.Вейля были посвящены усилия многих математиков – последователей его подхода. Жан Дьедонне в статье «Современное развитие математики» (сборник «Математика», 1966, № 3) пишет: «Некоторые из наиболее замечательных теорем возникли из последовательного сопоставления двух на вид не связанных теорий: переводя «Риманову гипотезу» для кривых на чисто геометрический язык и поняв, что нужен аналог топологической формулы Лефшеца для неподвижной точки, А.Вейль в конце концов построил на этом пути свое знаменитое доказательство, а это привело его к формулировке гипотез, от доказательства которых мы надеемся, наконец, получить общие методы для наступления на диофантов анализ» (Ж.Дьедонне, 1966). И.Р.Шафаревич в предисловии к книге Дж.Милна «Этальные когомологии» (1983) констатирует: «...А.Вейль высказал предположение, что для алгебраических многообразий над произвольным полем существует «теория когомологий», в которой имеют место все фундаментальные результаты топологической теории когомологий. Подтверждением этого предположения и было построение теории этальных когомологий Гротендиком» (Шафаревич, 1983, с.5). В 1-ом томе «Математической энциклопедии», составленной под редакцией И.М.Виноградова (1977), указывается: «Важную роль для развития алгебраической геометрии сыграла гипотеза А.Вейля (1947), предположившего существование теории когомологий, в которой была бы верна формула Лефшеца для числа неподвижных точек отображения, и установившего глубокие связи этой гипотезы с чисто арифметическими вопросами алгебраических многообразий (см. дзета-функция в алгебраической геометрии)» («Математическая энциклопедия», 1977, с.130). Напомним, что

топологическая формула Лефшеца выражает число неподвижных точек непрерывного отображения  $f : M \rightarrow M$  в терминах преобразования, индуцированного  $f$  на когомологиях  $M$ . Данная формула была установлена Лефшецем для конечномерных ориентируемых топологических многообразий и позже для конечных клеточных комплексов. Этим работам Лефшеца предшествовала работа Брауэра (1911) о неподвижной точке непрерывного отображения  $n$ -мерной сферы в себя.

**225) Аналогия Андре Вейля.** А.Вейль существенно развил теорию алгебраических многообразий благодаря тому, что по аналогии перенес в нее идею создания дифференцируемых многообразий с помощью склейки. В 1-ом томе «Математической энциклопедии» (1977) отмечается: «Начиная с конца 20-х гг. 20 века в работах Б.Л.ван дер Вардена, Э.Нетер и других понятие алгебраического многообразия подверглось существенной алгебраизации, позволившей перейти к рассмотрению алгебраического многообразия над произвольными полями. А.Вейль [6] перенес на алгебраические многообразия идею конструкции дифференцируемых многообразий с помощью склейки» («Математическая энциклопедия», 1977, с.176).

**226) Аналогия Андре Вейля.** А.Вейль сформулировал теорему о конечности числа рациональных точек, образующих группы на абелевых многообразиях, по аналогии с теоремой Морделла о конечности числа рациональных точек эллиптических кривых. Во 2-ом томе «Математической энциклопедии» (1977), составленной под редакцией И.М.Виноградова, отмечается: «Среди алгебраических многообразий размерности  $> 1$  наиболее изучены абелевы многообразия, представляющие собой многомерный аналог эллиптических кривых. Обобщая теорему Морделла, А.Вейль перенес ее утверждение о конечности числа образующих группы рациональных точек на абелевы многообразия любой размерности (теорема Морделла-Вейля)» («Математическая энциклопедия», 1977, с.152). Об этом же пишет Х.Крафт в статье «Алгебраические кривые и диофантовы уравнения» (сборник «Живые числа», 1985): «Сформулированная выше теорема Морделла была обобщена в двух различных направлениях: вместо рациональных точек стали рассматривать точки с координатами из заданного числового поля, а вместо эллиптических кривых – поверхности произвольной размерности (так называемые абелевы многообразия). Начало этим обобщениям было положено А.Вейлем, и окончательный результат называют сейчас теоремой Морделла-Вейля» (Х.Крафт, 1985).

**227) Аналогия Рене Тома.** Лауреат премии Филдса (аналога Нобелевской премии для математиков) за 1958 год, французский математик Рене Том (1911, 1954) построил общую теорию кобордантных классов, когда по аналогии перенес в нее результаты, полученные Л.С.Понтрягиным в теории гомотопических групп сфер. Основанием для переноса послужила аналогия ряда задач в той и другой области. Сергей Смирнов в статье «Без Нобелевских премий» (журнал «Знание-сила», 1983, № 2) пишет: «...Молодой, подающий надежды французский математик Рене Том попал в автомобильную катастрофу и оказался на полгода прикован к постели. Ни писать, ни рисовать он не мог; только воображение профессионального геометра было свободно, да помогала цепкая молодая память. В этом незавидном положении Том поневоле стал мысленно перебирать те задачи, которые ему давно не давали покоя. Была среди них и проблема кобордизма (проблема компактных многообразий определенного вида – Н.Н.Б.). Отчего же Тому вдруг показалось, что он мог бы ее решить? Что-то подобное он недавно читал... Конечно, это была свежая работа известного советского математика Л.С.Понтрягина! Там речь шла о вычислении того, что именуют «гомотопическими группами сфер» (не буду давать определения их – статья и так получается весьма сложная) очень важными для всей математики, да и для физики. Например, первая из этих групп состоит из целых чисел. Из этого факта следует, например, что число корней любого алгебраического уравнения равно его степени. Следующая гомотопическая группа

сфер состоит из двух элементов: именно с этим связано то обстоятельство, что в природе есть два главных типа элементарных частиц – бозоны (фотон, гравитон и другие) и фермионы (электрон, кварк и т.д.). Так что очень важно уметь вычислять гомотопические группы сфер. И вот Понтрягин придумал наглядно-геометрический способ такого вычисления – оказалось, что для этого надо решать проблему кобордизма для особых – «оснащенных» многообразий. Такая неожиданная связь между гомотопическими группами сфер и кобордизмом многообразий привела Рене Тома к убеждению, что и общую проблему кобордизма надо решать в духе Понтрягина» (С.Смирнов, 1983). Об этой же аналогии С.Смирнов пишет в книге «Прогулки по замкнутым поверхностям» (2003): «В 1954 году проблему бордизма замкнутых поверхностей решил молодой французский математик Рене Том – уроженец города Гренобля, где когда-то дерзкий Жан Франсуа Шампольон расшифровал древнеегипетские иероглифы. При этом молодой египтолог Шампольон опирался на открытия маститого англичанина – физика Томаса Юнга; а молодой тополог Рене Том опирался на открытие маститого россиянина – Льва Потрягина, изобретателя характеристических классов» (С.Смирнов, 2003). Отметим, что именно за проведение данной аналогии Рене Том был награжден в 1958 году премией Филдса – аналогом Нобелевской премии для математиков.

**228) Аналогия Д.Буксбаума, А.Хеллера, А.Гротендика и других исследователей.** Д.Буксбаум (1955, 1959), А.Хеллер (1958), А.Гротендик (1957), П.Хилтон и В.Ледерман (1958) расширили рамки математической теории категорий, когда по аналогии перенесли в нее идеи гомологической алгебры. Следует также отметить, что С.Амицур (1954) и Е.Г.Шульгейфер (1960) по аналогии перенесли в теорию категорий общую теорию радикалов, а известный математик, лауреат филдсовской премии за 1966 год М.Атия (1956) и А.Г.Курош (1959) перенесли в теорию категорий теорию изоморфизмов прямых разложений. А.Г.Курош, А.Х.Лившиц и Е.Г.Шульгейфер в статье «Основы теории категорий» (журнал «Успехи математических наук», 1960, том 15, выпуск 6 (96)) пишут: «Теория категорий в настоящее время уже содержит ряд результатов и направлений, которые далеко выходят за рамки основ теории и поэтому не нашли себе места в настоящей статье. Это относится, в частности, к развернутой теории функторов (Кан [14]) и к исследованиям, посвященным перенесению в теорию категорий гомологической алгебры (Буксбаум [6], [7], Хеллер [28], Гротендик [10], Хилтон и Ледерман [30]), общей теории радикалов (Амицур [1], Е.Г.Шульгейфер [32]) и теории изоморфизмов прямых разложений (Атия [4], А.Г.Курош [16], А.Х.Лившиц [18], [19]). При определении понятия категории используется понятие класса» (Курош, Лившиц, Шульгейфер, 1960, с.4).

**229) Аналогия Клода Шевалле.** Французский математик Клод Шевалле (1955) получил ряд ценных результатов в математической теории групп, когда обнаружил аналогию между теорией алгебр Ли и теорией конечных простых групп. Жан Дьедонне в статье «Современное развитие математики» (сборник «Математика», 1966, № 3) пишет об указанной аналогии Шевалле: «Здесь, к сожалению, я могу лишь вскользь упомянуть близко примыкающую замечательную работу К.Шевалле 1955 г., которая впервые и притом самым неожиданным образом перебросила мост между теорией Ли и теорией конечных простых групп, открыв тем самым быстро увеличивающуюся новую область, где уже получено много прекрасных результатов и, несомненно, гораздо больше еще впереди» (Ж.Дьедонне, 1966).

**230) Аналогия Оскара Зарисского и Жана-Пьера Серра.** Лауреат премии Вольфа за 1981 год О.Зарисский и лауреат премии Филдса за 1954 год Ж.П.Серр получили новые результаты в алгебраической геометрии, когда по аналогии перенесли в нее идеи и методы теории топологических пространств. А.Гротендик в книге «Урожай и посеvy» (2001) констатирует: «Еще до меня, впрочем, Оскар Зарисский с одной стороны, затем Жан Пьер Серр с другой, для пространств без стыда и совести в «абстрактной» алгебраической геометрии развили

определенные «топологические» методы, основанные на тех, что прежде были в ходу среди пространств с прочными устоями во всем мире» (Гротендик, 2001, с.51).

**231) Аналогия Жана-Пьера Серра и Александра Гротендика.** Лауреат премии Филдса за 1954 год Жан-Пьер Серр и А.Гротендик, который позже также стал филдсовским лауреатом, открыли путь для решения многих задач алгебраической геометрии, когда по аналогии перенесли в нее идеи и методы теории алгебраических пучков Лере и топологии Зарисского. Жан Дьедонне в статье «Современное развитие математики» (сборник «Математика», 1966, № 3) констатирует: «Далее в своей знаменитой статье «Когерентные алгебраические пучки» Серр открыл, что те же самые методы, которые работали столь успешно в аналитическом случае, можно применить аналогичным образом в более алгебраической и «абстрактной» ситуации, а именно к алгебраической геометрии над произвольным полем, если воспользоваться топологией Зарисского для перенесения всей геометрической техники «кольцованных пространств» на алгебраические многообразия в смысле А.Вейля. Как известно, А.Гротендик с большой энергией развил эту идею, открыв новую эру в алгебраической геометрии с таким обилием новых концепций, методов и проблем, что несколько поколений математиков вполне могут найти дело своей жизни в разработке увлекательных возможностей этой обширной и далеко еще не разведанной территории» (Ж.Дьедонне, 1966). Об этом же пишет Д.Мамфорд в 1-ом томе книги «Алгебраическая геометрия. Комплексные проективные многообразия» (1979): «В период 1930-1960 гг., под руководством Зарисского, А.Вейля и (к концу) Гротендика, были заложены основы грандиозной программы исследований, суть которой заключалась в систематическом применении к алгебраической геометрии средств коммутативной алгебры. (...) Общая цель, о которой думал еще Кронекер, заключалась в создании геометрии, охватывающей хотя бы формально как арифметику, так и проективную геометрию» (Мамфорд, 1979, с.5). А.Гротендик в книге «Урожай и посевы» (2001) пишет о своей аналогии, одновременно замечая, что он не очень часто встречался с Жаном Лере: «Это не помешало мне (вслед за Картаном и Серром) войти в число тех, кто активнейшим образом применял, пропагандировал и способствовал развитию одного из важнейших новаторских понятий, введенных Лере, то есть понятия пучка, занявшего место в ряду главных инструментов для моего труда, посвященного геометрии. Оно же снабдило меня ключом к расширению понятия пространства (топологического) до понятия топоса, о котором пойдет разговор ниже» (Гротендик, 2001, с.33).

**232) Аналогия Жана-Пьера Серра и Анри Картана.** Ж.П.Серр и А.Картан получили новые результаты в теории голоморфно полных многообразий (многообразий Штейна) в результате того, что по аналогии перенесли в нее теорию пучков Лере. Ф.Хирцебрух в книге «Топологические методы в алгебраической геометрии» (1973) отмечает: «В последние годы в алгебраической геометрии и в теории функций многих комплексных переменных успешно применялись новые топологические методы, в особенности теория пучков, построенная Ж.Лере. А.Картан и Ж.-П.Серр показали, как можно переформулировать в терминах теории пучков фундаментальные теоремы о голоморфно полных многообразиях (многообразиях Штейна). Поскольку области голоморфности являются многообразиями Штейна, из этих теорем следуют многие факты теории функций. Они приложимы также к алгебраической геометрии, так как дополнение к гиперплоскому сечению алгебраического многообразия есть многообразие Штейна» (Хирцебрух, 1973, с.7). Ж.П.Серр построил теорию когерентных алгебраических пучков по аналогии с теорией когерентных аналитических пучков. В 1-ом томе «Математической энциклопедии» (главный редактор – И.М.Виноградов, 1977) указывается: «Определение многообразий, основанное на понятии пучка, было дано Ж.П.Серром. Он же построил и теорию когерентных алгебраических пучков, причем прообразом ее служила незадолго до того созданная теория когерентных аналитических пучков» («Математическая энциклопедия», 1977, с.128).

**233) Аналогия К.Кодаира и Д.Спенсера.** Лауреат премии Филдса за 1954 год К.Кодаира совместно с Д.Спенсером внесли существенный вклад в алгебраическую геометрию, когда по аналогии перенесли в нее теорию пучков Лере, но уже используя не многообразия Штейна, а гармонические интегралы. Ф.Хирцебрух в книге «Топологические методы в алгебраической геометрии» (1973) констатирует: «К.Кодаира и Д.Спенсер также с большим успехом применили теорию пучков в алгебраической геометрии. Их методы существенно отличаются от методов Серра: они используют технику, пришедшую из дифференциальной геометрии (гармонические интегралы и т.п.), и совсем не используют теории многообразий Штейна. Атья и Ходж с успехом применили теорию пучков к изучению интегралов второго рода на алгебраических многообразиях» (Хирцебрух, 1973, с.7).

**234) Аналогия Жана-Пьера Серра и Анри Картана.** Ж.П.Серр и А.Картан построили математическую теорию расслоений по аналогии с теорией симплициальных множеств М.М.Постникова. В.Г.Болтянский, Р.В.Гамкрелидзе, А.А.Мальцев и другие в статье «Михаил Михайлович Постников» (журнал «Успехи математических наук», 1989, том 44, выпуск 6 (270)) пишут: «А.Картан и Ж.-П.Серр переформулировали результаты М.М.Постникова с языка симплициальных множеств на более удобный и ныне общепринятый язык расслоений. Именно, с точностью до гомотопности любое пространство разлагается в башню расслоений, слоями которых являются пространства Эйленберга-Маклейна. Эта башня уже более 30 лет называется постниковской башней данного пространства. При этом постниковские инварианты являются характеристическими классами соответствующих расслоений, т.е. показывают, как именно примыкают друг к другу «этажи» этой башни» (Болтянский, Гамкрелидзе, Мальцев, 1989, с.164).

**235) Аналогия Жана-Пьера Серра.** Жан-Пьер Серр показал себя выдающимся новатором в математике, когда по аналогии перенес результаты гомологической алгебры в теорию локальных колец. В аналитической локальной алгебре локальное кольцо – это коммутативное кольцо, обладающее единственным максимальным идеалом. Отметим, что идеал – одно из основных понятий абстрактной алгебры. Наибольшее значение идеалы имеют в теории алгебраических колец. Название «идеал» ведет свое происхождение от «идеальных чисел». Простейшим примером идеалов может служить подкольцо четных чисел в кольце целых чисел. Идеалы дают удобный язык для обобщения результатов теории чисел на общие кольца. Жан Дьедонне в статье «Современное развитие математики» (сборник «Математика», 1966, № 3) пишет о том, что указанная аналогия Ж.П.Серра вызвала появление новых концепций в алгебраической геометрии: «Следует подчеркнуть, что многое из этого стало возможно благодаря другому прорыву, где опять-таки Серр явился выдающимся новатором: применению гомологической алгебры (и, в частности, введению понятия «плоскости») в теории локальных колец, увенчивающему двадцатилетние продвижения в этой области Крулля, Шевалле, Зарисского, Самуэля, И.Коэна, М.Аусландера – Буксбаума и открывшему доступ ее мощных результатов к теории Гротендика» (Ж.Дьедонне, 1966).



«Александр Гротендик называется некоторыми самым влиятельным и провидческим из ныне живущих математиков. Он имел самую необычную карьеру. Некоторые из его главных вкладов, которые были плодотворны, никогда не публиковались, но рассылались почтой – в форме писем на сотнях страниц длиной, которые пересылались друзьям, а затем передавались из рук в руки среди небольших кружков людей, которые смогли бы прочитать их».

Ли Смолин

**236) Аналогия Александра Гротендика.** Лауреат премии Филдса за 1966 год А.Гротендик (1955) и независимо от него Р.Шаттен (1950) расширили рамки математической теории функторов в результате того, что по аналогии перенесли в нее результаты теории банаховых пространств. Б.С.Митягин и А.С.Шварц в статье «Функторы в категориях банаховых пространств» (журнал «Успехи математических наук», 1964, том 29, выпуск 2 (116)), давая общую характеристику теории функторов, пишут: «Общее понятие функтора возникло сравнительно недавно, но очень быстро стало одним из самых ходовых понятий в целом ряде областей математики (алгебре, топологии, алгебраической геометрии). Язык категорий и функторов оказался весьма удобным для формулировки многих теорем, высказанных ранее; при этом выявились многие интересные аналогии между построенными независимо друг от друга теориями. Однако самым существенным было построение глубокой и содержательной теории функторов в важном классе категорий – в абелевых категориях» (Митягин, Шварц, 1964, с.65). «Ряд новых функторов в категориях банаховых и локально выпуклых топологических пространств, - поясняют указанные авторы, - ввел и изучил Гротендик [14]; в частности, им, а также Шатеном [41] было введено понятие тензорного произведения банаховых пространств» (там же, с.66).

**237) Аналогия Александра Гротендика.** Лауреат премии Филдса за 1966 год А.Гротендик (1961) внес весомый вклад в математику, когда обнаружил и развил аналогию между теорией когомологий пространства с коэффициентами в пучке и теорией производных функторов от функторов модулей. В книге «О некоторых вопросах гомологической алгебры» (1961) А.Гротендик пишет о своей аналогии: «Настоящая работа возникла из попытки использовать формальную аналогию между теорией когомологий пространства с коэффициентами в пучке и теорией производных функторов от функторов модулей для того, чтобы найти общую схему, позволяющую объединить эти и другие теории» (Гротендик, 1961, с.5). Более детально и понятно данная аналогия Гротендика описывается в 1-ом томе «Математической энциклопедии», написанной под редакцией И.М.Виноградова (1977): «К середине 40-х годов 20 века гомологическая алгебра выделяется в самостоятельную область алгебры. Основная сфера применения гомологической алгебры – категория модулей над кольцом. Большинство результатов, известных для модулей, переносится на абелевы категории с некоторыми дополнительными ограничениями (это объясняется тем, что такие категории вкладываются в категорию модулей). Наиболее содержательное расширение области применения гомологической алгебры было осуществлено в [4], где гомологическая алгебра была перенесена на произвольные абелевы категории с достаточным запасом инъективных объектов и стала приложимой к арифметической алгебраической геометрии и теории функций многих переменных» («Математическая энциклопедия», 1977, с.1038). Отметим, что [4] – это работа А.Гротендика «О некоторых вопросах гомологической алгебры» (1961).

**238) Аналогия Александра Гротендика.** А.Гротендик выдвинул идею о существовании клеточного разбиения для алгебраических многообразий над полем  $K$  по аналогии с существованием клеточного разбиения классов когомологий для топологических многообразий. Ю.И.Манин и А.А.Панчишкин в книге «Введение в теорию чисел» (сборник «Итоги науки и техники», 1990, том 49) пишут: «Для топологических многообразий классы когомологий могут быть представлены с помощью циклов (по двойственности Пуанкаре) или с помощью клеток, если многообразие является CW-комплексом. Гротендик предположил, что аналог клеточного разбиения должен существовать и для алгебраических многообразий над полем  $K$ . При этом разложение дзета-функции на множители должно соответствовать разложению многообразия на «обобщенные клетки», которые являются уже не алгебраическими многообразиями, а мотивами – элементами некоторой категории...» (Манин, Панчишкин, 1990, с.289).

**239) Аналогия А.Гротендика и М.Демазюра.** А.Гротендик и его ученик М.Демазюр (1971) внесли весомый вклад в теорию редутивных групповых схем, когда по аналогии перенесли в нее результаты Клода Шевалле из области алгебраических групп. А.Ю.Лузгарев в кандидатской диссертации «Надгруппы исключительных групп» (2008) отмечает, что уже в работах К.Шевалле 1958 и 1960 годов [26], [39] появились первые групповые схемы, допускавшие обобщение: «Уже в работах [26], [39] была построена групповая схема над  $Z$ , что открывала возможности для изучения алгебраических групп над произвольным кольцом. Еще более широкое обобщение было достигнуто в рамках языка групповых схем; в частности, результаты Шевалле [26], [72] были перенесены на редутивные групповые схемы М.Демазюром и А.Гротендиком в SGA [41]» (А.Ю.Лузгарев, 2008).

**240) Аналогия Александра Гротендика.** А.Гротендик (1958) построил математическую теорию схем по аналогии с теорией алгебраических многообразий. В книге «Урожай и посе́вы» (2001) А.Гротендик пишет о самом плодотворном для своего творчества 1958 годе: «...Я могу утверждать, что то был воистину год рождения нового геометрического видения, последовавшего за вступлением в силу двух главных инструментов этой геометрии: схем (которые являют собой метаморфозу старого понятия «алгебраического многообразия») и топоса (представляющего результат преобразования – еще более глубокого, чем в случае схем – понятия пространства)» (Гротендик, 2001, с.44). «Понятие схемы, - поясняет А.Гротендик, - представляет собой значительное расширение понятия алгебраического многообразия, и за счет этого полностью обновляет алгебраическую геометрию, завещанную моими предшественниками» (там же, с.62). Говоря о возникновении теории схем, А.Гротендик подчеркивает простоту понятия схемы, позволившей обобщить (объединить) различные алгебраические многообразия, которые ранее рассматривались изолированно друг от друга: «Идея схемы сама по себе – простоты младенческой; такая простенькая, такая скромная, что никому до меня и в голову не пришло за ней так низко нагнуться. И до того даже «дурашливая», признаться, что потом еще несколько лет, очевидности наперекор, для многих моих ученых коллег все это выглядело воистину «несерьезно»! У меня, впрочем, месяцы ожесточенного и уединенного труда ушли на то, чтобы убедиться в своем углу, что это действительно «работает» - что новый язык, этакий глуповатый, который я в своей неисправимой наивности упорно стремился испробовать, оказался и впрямь подходящим для того, чтобы уловить в новом свете и с новой точностью, и в общих отныне рамках, некоторые из самых первородных геометрических предчувствий, связанных с уже существующими «геометриями в характеристике  $p$ » (там же, с.53).

**241) Аналогия Александра Гротендика.** А.Гротендик (1958) построил математическую теорию топосов по аналогии с теорией топологических пространств. А.Гротендик в книге «Урожай и посе́вы» (2001) указывает: «Понятие топоса - расширение или, лучше сказать, метаморфоза понятия пространства. Тем самым оно обещает произвести сходное обновление топологии и, за ее пределами, геометрии» (Гротендик, 2001, с.62). Следующее замечание А.Гротендика не оставляет сомнений в том, что его теория топосов возникла в результате переноса в нее традиционных геометрических конструкций: «Во-первых, новое понятие не чересчур широко, в том смысле, что на новые «пространства» (лучше называть их топосами, чтобы не задеть чуткого уха) самые важные интуитивные представления и геометрические конструкции, знакомые по старым добрым пространствам прежних времен, переносятся более или менее очевидным образом. Иначе говоря, для новых объектов имеется в распоряжении вся богатая гамма мысленных образов и ассоциаций, понятий и определенных технических средств, какие прежде не выходили за границы области объектов старинного толка» (там же, с.62).

**242) Аналогия А.Гротендика и А.Растона.** А.Гротендик (1955, 1958) усовершенствовал теорию локально выпуклых пространств благодаря тому, что по аналогии перенес в эту

теорию понятие ядерного оператора. То же самое сделал А.Растон (1951), который перенес понятие ядерного оператора в теорию банаховых пространств. В 5-ом томе «Математической энциклопедии» (главный редактор – И.М.Виноградов, 1985) указывается: «В гильбертовом пространстве операторы со следом взаимно однозначно соответствуют двухвалентным тензорам, и след оператора совпадает с результатом свертки соответствующего тензора. С помощью такого соответствия А.Растон [3] перенес понятие ядерного оператора на случай банаховых пространств и независимо А.Гротендик – на случай локально выпуклых пространств в связи с теорией ядерных пространств (см. [4], [5])» («Математическая энциклопедия», 1985, с.1029). Отметим, что ядерный оператор – линейный оператор, отображающий одно локально выпуклое пространство в другое и допускающий специального вида аппроксимацию операторами конечного ранга.



«Академик Лев Семенович Понтрягин был, без сомнения, великим математиком. Лишившись полностью зрения в юном возрасте, он с помощью близких людей (по-моему, сначала матери, а потом жены), читавших ему тексты, овладел в совершенстве рядом областей математики и получил в этих областях фундаментальные результаты».

А.Д.Мышкис о Л.С.Понтрягине

**243) Аналогия Льва Семеновича Понтрягина.** Л.С.Понтрягин (1956) создал математическую теорию оптимального управления в результате того, что по аналогии перенес в область задач экономической оптимальности идеи классического вариационного исчисления, в том числе вариационный принцип Лагранжа. О.С.Разумовский в статье «Методологические проблемы экстраполяции и инверсии (вариационные принципы в науке)» (журнал «Философия науки», Новосибирск, 1995, № 1) пишет: «Вот что надо все же сказать о возможностях и границах экономико-математических моделей оптимальности и принципах оптимальности Л.С.Понтрягина и Р.Беллмана – основных в теории оптимального управления. Первоначально упомянутые выше модели опирались на классическое вариационное исчисление и вариационный принцип Лагранжа. На первом этапе происходила простейшая экстраполяция на основе аналогий и прикидки готовых математических методов и номологических утверждений, взятых из области механики» (О.С.Разумовский, 1995). «Подчеркнем, - поясняет О.С.Разумовский, - что формально задача оптимизации сводится к отысканию минимума интеграла некоторой функции переменных, заданных параметрически на соответствующих интервалах. В любом случае задача состоит в выявлении кривой, доставляющей искомый минимум. Эта кривая (экстремаль) в вариационном исчислении, по Эйлеру, удовлетворяет решению двух дифференциальных уравнений, или решению одного – в функциональном пространстве» (О.С.Разумовский, 1995). Об этом же пишут А.П.Афанасьев и С.М.Дзюба в книге «Элементарное введение в теорию экстремальных задач» (2001): «Принимая во внимание тот факт, что задачи вариационного исчисления легко сводятся к задачам оптимального управления и обратно, окончательно получаем, что различные задачи на экстремум решаются, вообще говоря, с единых позиций!» (Афанасьев, Дзюба, 2001, с.11). Интересно, что А.Н.Колмогоров знал о том, какие идеи вариационного исчисления Понтрягин переносит в теорию оптимального управления, но нигде не говорил об этом, так как всегда поддерживал Понтрягина. В.И.Арнольд в статье «А.Н.Колмогоров и естествознание» (журнал «Успехи математических наук», 2004, том 59, выпуск 1 (355)) пишет: «Например, Понтрягин независимо выводил в своей теории оптимального управления так называемый «принцип максимума», являющийся, на самом деле, частным случаем более общей теории Гюйгенса и Гамильтона. Прекрасно это понимая и используя (например, в своей теории неравенств между производными разных порядков, на много лет предвосхитившей теорию оптимального управления и являющейся для этой теории тем же,

чем была задача о брахистохроне для вариационного исчисления) – зная все это, Колмогоров не хотел об этом говорить из-за того, что он всегда стремился поддерживать Л.С.Понтрягина и не предвидел полезных последствий от упоминания о своей основополагающей работе» (Арнольд, 2004, с.42).

**244) Аналогия Льва Семеновича Понтрягина.** Л.С.Понтрягин усовершенствовал математический аппарат теории оптимального управления благодаря тому, что по аналогии перенес в эту теорию канонические уравнения Гамильтона. А.Н.Панченков в книге «Аналитическое естествознание» (2008), в эпилоге под названием «Принципы оптимальности современной науки: совместный анализ» пишет: «В СССР среди специалистов по теории оптимального управления получил известность и распространение принцип максимума Понтрягина [18, 19]. Характерной чертой формализма принципа максимума Понтрягина является то, что в нем управляемые динамические потоки описываются канонической системой уравнений Гамильтона. Гамильтониан является структурой принципа Гамильтона: отсюда следует, что принцип максимума Понтрягина поддерживается принципом Гамильтона и является вторичным по отношению к этому принципу» (А.Н.Панченков, 2008).

**245) Аналогия Ричарда Беллмана.** Американский математик Р.Беллман (1960) ввел в теорию динамического программирования (теорию оптимального управления) понятие достаточных координат по аналогии с понятием достаточных статистик из области математической статистики. Р.Л.Стратонович в книге «Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления» (1966) пишет: «Для фактического решения задач оптимального управления важным является понятие достаточных координат, которое позволяет переходить от абстрактного (функционального) пространства к конечномерному пространству, рассматривая в нем функции и рекуррентные преобразования. Это понятие является видоизменением (применительно к теории оптимального управления) известного в математической статистике понятия достаточных статистик (см., например, Ван-дер-Варден [1]). Важность этого понятия для развития теории динамического программирования отмечена Беллманом и Калабой [1]» (Стратонович, 1966, с.157).

**246) Аналогия Ричарда Беллмана.** Р.Беллман разработал математический аппарат динамического программирования благодаря тому, что по аналогии перенес в область указанного программирования формализм Гамильтона-Якоби, который они использовали в области механики и оптики. А.Н.Панченков в книге «Аналитическое естествознание» (Нижний Новгород, 2008) констатирует: «Формализм динамического программирования представляет обобщение на управляемые потоки формализма Гамильтона-Якоби [2]. Как известно из моих книг серии «Энтропия», формализм Гамильтона-Якоби реализован на Гильбертовом поле. Это свойство и определяет энтропийное многообразие принципа оптимальности Беллмана: принцип оптимальности Беллмана расположен на Гильбертовом поле» (А.Н.Панченков, 2008).

**247) Аналогия Юргена Мозера.** Американский математик Ю.Мозер (1962) сформулировал теорему об инвариантных торах 333 раза дифференцируемых систем по аналогии с теоремой А.Н.Колмогорова (1954) об инвариантных торах аналитических гамильтоновых систем. Существенную помощь Ю.Мозеру оказали неравенства Колмогорова между производными. В.И.Арнольд в книге «Новый обскурантизм и российское просвещение» (2003) пишет: «Поучительно, что неравенства Колмогорова между производными послужили основой замечательных достижений Ю.Мозера в так называемой КАМ-теории (Колмогорова, Арнольда, Мозера), позволивших ему перенести результаты Колмогорова 1954 года об инвариантных торах аналитических гамильтоновых систем на всего лишь триста тридцать три раза дифференцируемые системы. Так обстояло дело в 1962 году...» (В.И.Арнольд, 2003). Об этой же аналогии Ю.Мозера, о его работе, в которой он провел данную аналогию,

В.И.Арнольд пишет также в книге «Что такое математика?» (2008): «Упомянутая замечательная работа Ю.Мозера была обобщением теоремы Колмогорова, опубликованной тем в 1954 г., об инвариантных торах аналитических систем. Мозер перенес теорему Колмогорова со случая аналитических функций на случай 333 раза дифференцируемых. Это было замечательным достижением, так как сам Колмогоров считал, что даже бесконечного числа производных не хватило бы, так что работа Мозера изменила всю философию в этой области. Мозер использовал, в дополнение к работе Колмогорова, технику сглаживания Дж.Нэша и неравенства Адамара-Литтлвуда-Колмогорова между величинами производных разных порядков, обогнавшие на много лет теорию оптимального управления, к которой они по существу относятся» (Арнольд, 2008, с.69). «...Теорема Мозера, - еще раз уточняет В.И.Арнольд, - была его обобщением теоремы Колмогорова (1954 г.) с аналитических гамильтоновых систем на системы, имеющие только 333 непрерывные производные» (там же, с.91).

**248) Аналогия Анатолия Васильева.** А.М.Васильев создал теорию алгебраических моделей дифференциально-геометрических структур на многообразиях в результате того, что по аналогии перенес в нее метод внешних форм Э.Картана и схему продолжений и охватов Г.Ф.Лаптева. М.А.Акивис, Г.Я.Голин, В.Ф.Кириченко и другие в статье «Анатолий Михайлович Васильев» (журнал «Успехи математических наук», 1988, том 43, выпуск 4 (262)) пишут о теории алгебраических моделей дифференциально-геометрических структур на многообразиях: «Эта теория представляет собой далеко идущее развитие метода внешних форм Э.Картана, а также широкое обобщение известной схемы продолжений и охватов Г.Ф.Лаптева. Существенную роль в этой теории сыграло обобщение понятия дифференциальной системы в инволюции в смысле Э.Картана, сформулированное Анатолием Михайловичем в рамках теории градуированных модулей над внешними алгебрами. А.М.Васильев выявил теснейшую взаимосвязь теории дифференциально-геометрических структур с теорией формально интегрируемых систем дифференциальных уравнений и на базе этой теории развил метод продолжений дифференциальных алгебр - аппарат, точно моделирующий локальные свойства дифференциально-геометрических структур» (Акивис, Голин, Кириченко, 1988, с.160).

**249) Аналогия Бориса Митягина и Альберта Шварца.** Советские математики Б.С.Митягин и А.С.Шварц существенно продвинули вперед теорию функторов, когда сделали то же самое, что и А.Гротендик - по аналогии перенесли в нее многие понятия теории банаховых пространств. Б.С.Митягин и А.С.Шварц в статье «Функторы в категориях банаховых пространств» (журнал «Успехи математических наук», 1964, том 29, выпуск 2 (116)) повествуют: «...Функторы (прежде всего, рефлексивные функторы) в категории банаховых пространств следует рассматривать как обобщенные банаховы пространства. Подтверждением этой мысли является тот факт, что для функторов можно определить целый ряд понятий, аналогичных основным понятиям теории банаховых пространств. Это, прежде всего, понятия линейного отображения одного функтора в другой, кольца операторов функтора, понятие двойственного функтора, аналогичное понятию сопряженного пространства. Естественно считать, что каждому обычному пространству  $A$  соответствует «обобщенное» пространство – функтор  $\Sigma A$ ; это мотивируется тем фактом, что кольцо операторов функтора  $\Sigma A$  изоморфно кольцу операторов пространства  $A$ , и тем, что всякий рефлексивный функтор («обобщенное» пространство) может быть представлен как проективный предел спектра функторов вида  $\Sigma A$  (обычных пространств)» (Митягин, Шварц, 1964, с.125). «Для того, чтобы оправдать взгляд на функторы как на обобщенные банаховы пространства, - аргументируют Б.С.Митягин и А.С.Шварц, - необходимо перенести в теорию функторов достаточно большую часть теории банаховых пространств. Следующие четыре пункта содержат задачи, которые, помимо самостоятельного интереса, существенны и в этом отношении. Отметим, что на отображения функторов, определенных в категориях... можно

перенести ряд теорем, имеющих место для отображений банаховых пространств» (там же, с.126). Б.С.Митягин и А.С.Шварц задавались также целью экстраполировать в теорию функторов результаты теории гильбертовых пространств. «Существенно выяснить, - пишут они, - в какой степени можно перенести на операторы в гильбертовых функторах известные теоремы об операторах в гильбертовых пространствах. Прежде всего, существенно выяснить, при каких условиях имеет место теорема о спектральном разложении самосопряженного оператора в гильбертовом функторе» (там же, с.127).

**250) Аналогия Дмитрия Фукса.** Отечественный математик Д.Б.Фукс построил гомотопическую теорию функторов по аналогии с гомотопической теорией топологических пространств. Нужно отметить, что впервые мысль провести такую аналогию высказал Альберт Шварц. Д.Б.Фукс в статье «Двойственность Экмана-Хилтона и теория функторов в категории топологических пространств» (журнал «Успехи математических наук», 1966, том 21, выпуск 2 (128)), в одном из параграфов данной статьи, пишет: «В заключение этого параграфа я остановлюсь на одной, принадлежащей А.С.Шварцу идее. Эта идея легла в основу заметки [16], однако, к сожалению, не получила дальнейшего развития (если не считать изложенных в этом параграфе результатов, относящихся к теории расслоений функторов). Идея состоит в построении гомотопической теории функторов, аналогичной гомотопической теории топологических пространств. Мы уже определили понятия отображения функторов, гомотопии отображений функторов, гомотопической эквивалентности функторов, расслоения функторов, корасслоения функторов. Можно определить также гомотопические и когомологические группы функторов (с коэффициентами в функторе), мультипликативную структуру в этих группах и даже такие понятия, как категория функтора в смысле Люстерника-Шнирельмана. Гомотопическая теория функторов связана с гомотопической теорией топологических пространств аналогией и некоторыми другими соотношениями...» (Фукс, 1966, с.36-37).



«Я не ощущаю себя пророком. Я лишь ученик. Всю жизнь я учился у великих математиков, таких как Эйлер или Гаусс, у моих старших и младших коллег, у моих друзей и сотрудников, но более всего у моих учеников».

Израиль Моисеевич Гельфанд

**251) Аналогия Израиля Гельфанда и Марка Наймарка.** Советские математики И.М.Гельфанд (лауреат премии Вольфа за 1978 год) и М.А.Наймарк внесли весомый вклад в теорию групп, когда по аналогии перенесли в теорию бесконечномерных представлений классических непрерывных групп теорию характеров, которая ранее использовалась в теории конечномерных представлений групп. Кроме того, И.М.Гельфанд и М.А.Наймарк по аналогии перенесли на комплексные классические группы формулу Планшереля. М.Г.Крейн и Г.Е.Шилов в статье «Марк Аронович Наймарк» (журнал «Успехи математических наук», 1960, том 15, выпуск 2 (92)) повествуют: «Крупнейшие достижения принадлежат М.А.Наймарку вместе с И.М.Гельфандом в области теории бесконечномерных представлений классических непрерывных групп и групп Ли. Эти авторы описали семейства (основные и дополнительные серии) неприводимых унитарных представлений комплексных классических групп. Как показал впоследствии М.А., в общем случае найденные серии представлений с точностью до эквивалентности содержат все неприводимые бесконечномерные представления указанных групп. М.А.Наймарк и И.М.Гельфанд распространили на эти представления теорию характеров, известную ранее только для конечномерных

представлений. В частности, они показали, что неприводимые представления определяются своими характеристиками с точностью до эквивалентности. Эти результаты М.А. были перенесены в дальнейшем Хариш-Чандра и Годманом на общие неприводимые представления (в банаховом пространстве) любых полупростых групп Ли. М.А.Наймарк и И.М.Гельфанд перенесли на комплексные классические группы формулу Планшереля. Ее смысл оказался здесь в том, что она дает фактическое разложение регулярного представления комплексной группы в непрерывную сумму неприводимых представлений...» (Крейн, Шилов, 1960, с.232).

**252) Аналогия Израиля Гельфанда и Марка Наймарка.** Советские математики И.М.Гельфанд и М.А.Наймарк (1942) построили теорию колец непрерывных функций на бикompакте, то есть теорию нормированных (некоммутативных) колец с инволюцией по аналогии с теорией колец линейных операторов в гильбертовом пространстве, где также имеется инволюция. М.И.Вишик, А.Н.Колмогоров, С.В.Фомин и Г.Е.Шилов в статье «Израиль Моисеевич Гельфанд» (журнал «Успехи математических наук», 1964, том 19, выпуск 3 (117)) пишут: «Ближайшим некоммутативным аналогом кольца всех непрерывных функций на бикompакте является кольцо линейных операторов в гильбертовом пространстве, где также имеется инволюция – переход к сопряженному оператору. И вот в следующей блестящей работе [16], совместной с М.А.Наймарком (1942 г.), Израиль Моисеевич показывает, что всякое нормированное (некоммутативное) кольцо с инволюцией может быть реализовано в виде некоторого кольца линейных операторов в гильбертовом пространстве с его естественной инволюцией. Эта работа послужила своего рода мостом между теорией нормированных колец и теорией бесконечномерных представлений групп, развитой И.М.Гельфандом совместно с М.А.Наймарком в послевоенные годы» (Вишик, Колмогоров, Фомин, Шилов, 1964, с.188).

**253) Аналогия Майкла Атья и Фридриха Хирцебруха.** Лауреат премии Филдса за 1966 год М.Атья и лауреат премии Вольфа за 1987 год Ф.Хирцебрух открыли новые пути для прогресса топологии, когда по аналогии перенесли в нее  $K$ -функтор, первоначально введенный А.Гротендиком в алгебраическую геометрию. С.П.Новиков в статье «Алгебраическая топология» (журнал «Современные проблемы математики», 2004, выпуск 4) указывает: «Развитие алгебраических методов топологии и теории гомологий в этот период приобрело чрезвычайно любопытные черты, особенно после работы Гротендика, нашедшего совершенно новое понимание теорем типа Римана-Роха, фундаментальных в алгебраической геометрии. В частности, он ввел так называемый  $K$ -функтор, перенесенный Атьей и Хирцебрухом в топологию» (Новиков, 2004, с.19-20). М.Атья в статье «Математика в двадцатом веке» (сборник «Математическое просвещение», 2003, серия 3, выпуск 7) отмечает, называя  $K$ -теорию идеей Гротендика: «В алгебраической геометрии эту идею впервые развил с замечательным успехом Гротендик, в тесной связи с только что обсуждавшейся темой, а именно с теорией пучков, и со своими работами по теореме Римана-Роха. В топологии Хирцебрух и я восприняли эти идеи и применили их в чисто топологическом контексте» (Атья, 2003, с.15). Сам Ф.Хирцебрух в книге «Топологические методы в алгебраической геометрии» (1973) указывает: «...Гротендик обобщил теорему Римана-Роха для алгебраических многообразий на случай отображений проективных алгебраических многообразий над основным полем произвольной характеристики» (Хирцебрух, 1973, с.9). Отметим, что  $K$ -функтор составляет ядро так называемой  $K$ -теории, построенной Гротендиком. Содержание  $K$ -теории состоит в построении и изучении так называемого  $K$ -функтора, сопоставляющего каждому топологическому пространству  $X$  некоторое кольцо  $K(X)$  и каждому непрерывному отображению  $f : X \rightarrow Y$  гомоморфизм соответствующих колец  $K(f) : K(Y) \rightarrow K(X)$ . Таким образом,  $K$ -теория развивает идеи теории пучков и групп когомологий и позволяет свести ряд новых задач анализа и топологии к алгебраическим задачам.

**254) Аналогия Майкла Атья и Рауля Ботта.** М.Атья и Р.Ботт (1966) усовершенствовали теорию компактных комплексных многообразий без границы в результате того, что по аналогии перенесли в эту теорию голоморфную формулу Лефшеца. А.М.Кытманов, С.Г.Мысливец и Н.Н.Тарханов в статье «О голоморфной формуле Лефшеца в строго псевдовыпуклых областях на комплексных многообразиях» («Математический сборник», 2004, том 195, № 12) указывают: «Классическая формула Лефшеца выражает число неподвижных точек непрерывного отображения  $f: M \rightarrow M$  в терминах преобразования, индуцированного  $f$  на когомологиях. В 1966 г. Атья и Ботт расширили эту формулу на эллиптические комплексны над компактным замкнутым многообразием. В частности, они получили голоморфную формулу Лефшеца для компактных комплексных многообразий без границы. Бреннер и Шубин (1981, 1991) распространили теорию Атья и Ботта на компактные многообразия с границей» (Кытманов, Мысливец, Тарханов, 2004, с.57). Ранее мы уже говорили о том, что Андре Вейль перенес формулу Лефшеца из топологии в алгебраическую геометрию (в теорию алгебраических многообразий).

**255) Аналогия Фридриха Хирцебруха.** Известный математик Ф.Хирцебрух расширил арсенал идей теории многомерных алгебраических многообразий в результате того, что по аналогии перенес в эту теорию теорему Римана-Роха, относящуюся к теории алгебраических кривых. Б.Б.Венков в предисловии к книге Ф.Хирцебруха «Топологические методы в алгебраической геометрии» (1973) пишет: «Классическая теорема Римана-Роха является основной теоремой теории алгебраических кривых. Она позволяет в благоприятных случаях вычислять размерность пространства мероморфных функций на неособой проективной алгебраической кривой, полюсы которых находятся в данных точках и имеют порядки, не превышающие заданных чисел. Хирцебруху принадлежит глубокое обобщение этой теоремы на многомерные алгебраические многообразия» (Б.Б.Венков, 1973, с.5). Необходимо отметить, что честь переноса теоремы Римана-Роха из теории алгебраических функций одного комплексного переменного в теорию алгебраических многообразий принадлежит не только Ф.Хирцебруху, но и К.Кодайре и Д.Спенсеру. И.И.Пятецкий-Шапиро в предисловии к книге Шэн-Шэня Чжэня «Комплексные многообразия» (1961) отмечает: «Теорема Римана-Роха позволяет вычислить размерность пространства мероморфных функций, полюсы которых находятся только в данных точках и имеют порядки, не превосходящие данных чисел. Теорема Абеля в простейшей своей форме отвечает на вопрос, когда данная совокупность точек является совокупностью нулей и полюсов некоторой мероморфной функции. Благодаря работам Кодайры, Спенсера и Хирцебруха были найдены весьма глубокие обобщения этих теорем на алгебраические многообразия произвольной размерности» (Пятецкий-Шапиро, 1961, с.6).

**256) Аналогия Фридриха Хирцебруха.** Ф.Хирцебрух получил новые результаты в алгебраической геометрии благодаря тому, что перенес в нее теорию характеристических классов и новые результаты Рене Тома из теории гладких многообразий. Ф.Хирцебрух в книге «Топологические методы в алгебраической геометрии» (1973) отмечает: «Я имел возможность работать вместе с К.Кодайрой и Д.Спенсером во время пребывания в Институте высших исследований в Принстоне с 1952 по 1954 гг. Моей целью было применить к алгебраической геометрии, наряду с теорией пучков, теорию характеристических классов и новые результаты Р.Тома о гладких многообразиях. В связи с приложениями к алгебраической геометрии я изучал и более ранние работы Годда» (Хирцебрух, 1973, с.7).

**257) Аналогия Дэвида Мамфорда.** Лауреат премии Филдса за 1974 год Д.Мамфорд получил важные результаты в алгебраической геометрии (теории алгебраических многообразий), когда по аналогии перенес в нее геометрические идеи теории инвариантов. Об этом переносе Мамфорда мы узнаем из книги Х.Крафта «Геометрические методы в теории инвариантов» (2000). В предисловии к этой книге В.Л.Попов, объясняя содержание первой работы

Мамфорда, в которой излагаются его достижения в алгебраической геометрии, пишет: «...Целью Мамфорда было не написание учебника, а прежде всего, приложение геометрических идей теории инвариантов к алгебраической геометрии (к построению многообразий модулей кривых). По этой причине собственно к геометрической теории инвариантов в ней относятся только общие результаты о факторах по действию алгебраических групп и теория стабильности (основанная на так называемой теореме Гильберта-Мамфорда)» (Попов, 2000, с.7). Д.Мамфорд нашел в теории инвариантов средства, позволяющие решить ряд проблем в теории алгебраических многообразий, когда ознакомился с почти забытой работой Д.Гильберта по теории инвариантов (1893). Ж.Дьедонне в сборнике «Геометрическая теория инвариантов» (1974) повествует: «Лишь совсем недавно произошло еще одно оживление теории, обязанное, главным образом, деятельности Д.Мамфорда, понявшего, что он может почерпнуть из теории инвариантов некоторые средства для решения проблемы модулей алгебраических кривых. Его новый подход к теории привел к появлению в ней весьма общей задачи построения «пространств орбит» (с подходящими структурами) алгебраических групп, действующих на алгебраических многообразиях. Занимаясь этим, он обнаружил, что некоторая существенная техника и идеи, имеющие отношение к интересующей его задаче, долгое время были похоронены на страницах прекрасной, но забытой работы, которую Гильберт опубликовал в 1893 г. В своей книге «Геометрическая теория инвариантов» Мамфорд модернизировал и сильно обобщил эти идеи, используя при этом язык теории схем...» (Дьедонне, 1974, с.11).

**258) Аналогия Джима (Иоахима) Ламбека.** Американский математик Джим Ламбек (1958) пришел к выводу о возможности переноса результатов математической логики в теорию категорий (созданную Эйленбергом, Маклейном и Биркгофом) и, наоборот, результатов теории категорий в математическую логику, когда обнаружил аналогию между конструкциями двух этих разделов математики. Д.А.Бочвар в предисловии к книге Р.Голдблатта «Топосы. Категорный анализ логики» (1983) пишет: «В конце 50-х – начале 60-х годов была обнаружена связь между формальными аксиоматическими теориями (или дедуктивными системами) и категориями. Ламбек на некоторых примерах показал, как исчисление или дедуктивную систему можно превратить в категорию, морфизмы которой определяются выводами в исчислении. Отношение равенства между морфизмами задается некоторым отношением эквивалентности на выводах. Это открыло путь для приложений в теории категорий методов, разработанных в теории доказательств и, наоборот, сделало возможным использование в теории доказательств категорного языка и категорных идей» (Бочвар, 1983, с.5).

**259) Аналогия Рауля Ботта.** Лауреат премии Вольфа за 2000 год Р.Ботт получил ряд важных результатов в теории сингулярных когомологий благодаря тому, что перенес в нее идеи топологической теории де Рама. Р.Ботт и Л.В.Ту в книге «Дифференциальные формы в алгебраической топологии» (1989) пишет о реализованной аналогии (переносе): «...Оказывается возможным распространить на сингулярную теорию многие, хотя и не все, конструкции теории де Рама. В соответствующих местах эти особенности и различия всякий раз отмечаются. В частности, мы даем очень краткое обсуждение, применительно к новому контексту, формулы Кюннета и теорем об универсальных коэффициентах. Затем мы применяем спектральные последовательности к расслоению путей Серра и к вычислению когомологий пространства петель на сфере» (Ботт, Ту, 1989, с.162). Кроме того, Р.Ботт по аналогии перенес методы вариационного исчисления в топологию. В.И.Арнольд в предисловии к книге Дж.Милнора «Теория Морса» (1965) отмечает: «В то время как Пуанкаре, Биркгоф, Морс, Шнирельман и Люстерник применяли топологические методы к задачам вариационного исчисления в целом, Ботт применил методы вариационного исчисления в целом к топологической задаче. Рассматривая минимальные геодезические на

классических группах Ли, он нашел «стабильные гомотопические группы» последних» (Арнольд, 1965, с.6).

**260) Аналогия Стивена (Стефена) Смейла.** Лауреат премии Филдса за 1966 год, американский математик С.Смейл ввел в теорию динамических систем класс грубых систем, имеющих конечное число периодических движений, для многомерного случая по аналогии с классом грубых систем Андронова-Понтрягина для плоского случая. О.В.Починка в диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Классификация диффеоморфизмов Морса-Смейла с конечным множеством гетероклинических орбит на 3-многообразиях» (2004) пишет: «Так как конечное число периодических движений не является необходимым условием грубости для многомерных систем, то класс грубых систем, имеющих конечное число периодических движений, был введен специальным образом по аналогии с грубыми потоками на поверхностях. Это было сделано С.Смейлом, и такие динамические системы получили название систем Морса-Смейла [55]. Причем вначале был введен класс систем Морса-Смейла, а затем было установлено, что этот класс состоит из структурно устойчивых систем [46], [51]» (О.В.Починка, 2004). Д.В.Аносов в очерке «О развитии теории динамических систем за последнюю четверть века» (сайт «Научная сеть», 1998) пишет: «После того как в классической работе А.А.Андронова и Л.С.Понтрягина было введено понятие грубой системы и охарактеризованы грубые потоки на плоскости (точнее, на двумерной сфере), естественно возник вопрос о качественной характеристике поведения траекторий грубых систем в других случаях. В определении говорится о том, что происходит при возмущении; в характеристике, о которой идет речь, говорится только о поведении траекторий невозмущенной системы. М.М.Пейксото перенес теорему Андронова-Понтрягина на потоки на замкнутых поверхностях; формулировка при этом почти не изменилась. Во всех этих случаях грубые потоки образуют открытое всюду плотное множество в пространстве всех потоков с  $C^1$ -топологией. Естественно встал вопрос, какие системы являются грубыми в многомерных случаях (а для систем с дискретным временем – уже и в двумерном). Наиболее непосредственное обобщение условий грубости двумерных потоков приводит к так называемым системам Морса-Смейла...» (Д.В.Аносов, 1998). Отметим, что грубые системы – это системы, слабо меняющиеся при незначительном изменении параметров.

**261) Аналогия Стивена Смейла.** С.Смейл (1950-е годы) расширил арсенал идей в теории динамических систем, когда по аналогии перенес теорему Андронова, первоначально сформулированную для плоского случая, на многомерный случай. Здесь имеется в виду теорема Андронова, согласно которой физический процесс без симметрий и законов сохранения, моделируемый плоской диссипативной системой, имеет конечное количество предельных режимов для решений, причем каждый из этих режимов либо является положением равновесия, либо периодичен. Ю.С.Ильяшенко в статье «Аттракторы динамических систем и философия общего положения» (сборник «Математическое просвещение», 2008, серия 3, выпуск 12) пишет: «В середине прошлого века некоторые специалисты мечтали обобщить теорему Андронова на случай высших размерностей. А именно, они ожидали, что в предыдущем утверждении можно заменить «плоский» на «многомерный». В конце 50-х годов Смейл опубликовал эту гипотезу вместе с подробным описанием, как должна выглядеть динамическая система общего положения на компактном многообразии. Описанные им системы ныне составляют важный класс и называются системами Морса-Смейла. (...) Как только появилась статья Смейла, специалисты старшего поколения сообщили ему, что в статьях Картрайта Литлвуда и Левинсона были построены динамические системы с бесконечным количеством периодических орбит, причем это свойство выдерживает малые возмущения» (Ильяшенко, 2008, с.17).

**262) Аналогия Стивена Смейла.** С.Смейл построил математическую теорию отображений в форме подковы по аналогии с теорией отображений сдвига. С.Смейл обнаружил сходство между отображением подковы и отображением сдвига, которое изучается в символической динамике. В результате американский математик перенес идеи и методы символической динамики в область отображений подковы. Ф.Диаку и Ф.Холмс в книге «Небесные встречи. Истоки хаоса и устойчивости» (2004) пишут: «Смейл, фактически, показал, что отображение в форме подковы идеально соответствует отображению сдвига: любое свойство первого справедливо для второго, и наоборот. Таким образом, он свел изучение подковы к изучению сдвигов на последовательностях символов. Как мы увидим, это оказалось не просто любопытным совпадением, а явилось истинным прогрессом. Математики нередко продвигаются вперед, доказывая, что задача, которую они пытаются решить, на самом деле, является лишь завуалированной другой задачей, которую уже решил кто-то другой. (На самом деле это не обман: зачастую, чтобы показать соответствие этих задач, приходится немало потрудиться!). В данном случае это оказалось весьма полезным, так как свойства отображения сдвига были хорошо известны. Они относятся к теории, называемой символической динамикой» (Диаку, Холмс, 2004, с.94). Говоря о методах символической динамики, которые С.Смейл перенес в теорию отображений подковы, указанные авторы отмечают: «Символическая динамика родилась приблизительно в труде Жака Адамара. В тридцатые годы она получила дальнейшее развитие благодаря Марстону Морсу и Густаву Арнольду Хедлунду, которые применили ее к вариационному исчислению и дифференциальной геометрии. Символическая динамика сыграла очень важную роль в развитии теории динамических систем, а также в других областях математики» (там же, с.95).

**263) Аналогия Стивена Смейла и других ученых.** С.Смейл и другие математики определили направление дальнейшего развития теории нелинейных фредгольмовых отображений, когда по аналогии перенесли в эту теорию методы Лере-Шаудера (методы теории степени вполне непрерывных отображений, развитые Ж.Лере и Ю.Шаудером при исследовании проблем существования в теории дифференциальных уравнений). Ю.Г.Борисович, В.Г.Звягин и Ю.И.Сапронов в статье «Нелинейные фредгольмовы отображения и теория Лере-Шаудера» (журнал «Успехи математических наук», 1977, том 32, выпуск 4 (196)) пишут: «Однако методы Лере-Шаудера до недавнего времени не были распространены на нелинейные фредгольмовы отображения. Основные идеи построения теории степени собственных фредгольмовых отображений были высказаны Р.Каччиопполи [82]-[84], А.С.Шварцем в работе [64] и еще ранее в докладе на Всесоюзном математическом съезде 1961 г. С.Смейлом [99], К.Элворти [86] (результаты последних двух авторов нашли отражение в обзоре Иллса [30] и затем развивались многими авторами). Нелинейные фредгольмовы отображения оказались связанными с теорией бесконечномерных гладких многообразий и их отображений («глобальный анализ»)» (Борисович, Звягин, Сапронов, 1977, с.3).

**264) Аналогия Якова Григорьевича Синая.** Российский математик, награжденный медалью Дирака, Я.Г.Синай получил ряд важных результатов в теории динамических систем, когда по аналогии перенес в нее инвариантные меры Д.Гиббса, то есть предельные гиббсовские распределения, взятые из статистической физики. Д.В.Аносов в статье «О вкладе Н.Н.Боголюбова в теорию динамических систем» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) пишет: «Суть в том, что гиббсовские меры, заведомо очень важные для статфизики, представляют значительный интерес также и для эргодической теории (априори это не очевидно). Их свойства удается изучить весьма полно и они оказываются интересными; кроме того, многие меры, представляющие интерес совершенно независимо от соображений «гиббсовского» типа, оказываются гиббсовскими мерами. Так что построение гиббсовских мер (или, может быть, лучше сказать: выделение гиббсовских мер среди всех инвариантных мер) – это своего рода подарок теории динамических систем от

статистической физики. В данном случае один и тот же объект является и динамической системой, и системой статфизики. Это, конечно, редкое совпадение» (Аносов, 1994, с.17). «...Дело в том, - добавляет Д.В.Аносов, - что некий аналог предельных гиббсовских распределений как бы перешел в теорию динамических систем» (там же, с.17). Об этом же пишут С.П.Новиков, Л.А.Бунимович, А.М.Вершик и другие в статье «Яков Григорьевич Синай» (журнал «Успехи математических наук», 1996, том 51, выпуск 4 (310)): «Занятия динамическими системами и статистической механикой никогда не были для Якова Григорьевича изолированными друг от друга. Более того, им обнаружены новые, подчас неожиданные связи между этими областями. Так, важным достижением в теории гиперболических систем стало привнесение в нее Я.Г.Синаем [50] концепции гиббсовской меры, подсказанной статистической физикой, и построение на этой основе гиббсовских мер для систем Аносова. Впоследствии Боуэн и Рюэль распространили эти результаты на более широкий класс динамических систем, в изучении которых очень существенную роль играют инвариантные гиббсовские меры, называемые теперь мерами Синай-Боуэна-Рюэля. Это положило начало созданию в теории динамических систем нового направления, получившего наименование термодинамического формализма» (Новиков, Бунимович, Вершик, 1996, с.181).

**265) Аналогия Якова Григорьевича Синай.** Я.Г.Синай (1958) успешно развил теорию гладких динамических систем, когда по аналогии перенес в нее понятие энтропии динамических систем, впервые озвученное А.Н.Колмогоровым (1958) на одном из математических семинаров. С.П.Новиков в статье «Рохлин» (серия очерков «Математики за кулисами социализма», 1998), представленной на сайте «Математическое образование: вчера, сегодня, завтра», пишет о семинаре по метрической теории динамических систем, который, начиная с 1957 года, вел известный математик В.А.Рохлин: «Именно на этом семинаре Колмогоров впервые рассказал о своем новом открытии – энтропии динамических систем, позволившей ему доказать неизоморфность некоторых схем Бернулли, а Синай блестяще развил эти идеи, применив их к гладким системам, где (как полагал Колмогоров) все эти феномены исчезают» (С.П.Новиков, 1998).

**266) Аналогия Сергея Новикова.** Лауреат премии Филдса за 1970 год С.П.Новиков (1967) построил спектральную последовательность в теории кобордизмов по аналогии со спектральной последовательностью Адамса, позволяющей вычислять стабильные гомотопические группы топологических пространств (в частности, сфер). В статье «Методы алгебраической топологии с точки зрения теории кобордизмов» (журнал «Известия РАН. Серия математическая», 1967, том 31, выпуск 4) С.П.Новиков сам раскрывает свою аналогию: «Цель работы – построение аналога спектральной последовательности Адамса в теории кобордизмов, вычисление кольца гомологических операций этой теории, а также ряд применений к проблемам вычисления гомотопических групп и классической спектральной последовательности Адамса, неподвижным точкам преобразований порядка  $p$  и т.д.» (Новиков, 1967, с.855). Отметим, что спектральная последовательность Адамса была придумана Адамсом для вычисления стабильных гомотопических групп топологических пространств, том числе сфер. Вычисление дифференциалов спектральной последовательности Адамса гомотопических групп сфер является одной из наиболее трудных проблем современной алгебраической топологии.

**267) Аналогия Андрея Николаевича Тихонова.** А.Н.Тихонов (1963) разработал теорию решения некорректных задач, когда по аналогии перенес на область задач, не имеющих корректного решения, регуляризирующие операторы, которые применялись в математике еще со времен Ньютона. Б.М.Писаревский и В.Т.Харин в статье «А.Н.Тихонов. Корректное решение некорректных задач», содержащейся в их книге «Беседы о математике и математиках» (1998) пишут о А.Н.Тихонове: «Ему была ясна основная идея – некорректную

задачу надо регуляризовать – заменить семейством зависящих от параметра корректных задач. Он уже догадывался, каков будет финал, и мог повторить слова Гаусса: «Мои результаты давно известны, я только не знаю, как я к ним приду». В 1963 году он, наконец, нашел путь к своим результатам. Первая статья называлась «О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации». В течение следующих трех лет вышло более 20 публикаций А.Н.Тихонова по этим вопросам. В 1966 году цикл работ А.Н.Тихонова по некорректным задачам был отмечен Ленинской премией, а сам Андрей Николаевич стал действительным членом Академии наук СССР. Некоторые итоги исследований в области теории и практических применений нового метода подвела монография «Методы решения некорректных задач», написанная А.Н.Тихоновым и его учеником В.Я.Арсениным в 1974 году. Далеко не всегда решение научной проблемы, долгое время не поддававшейся усилиям ученых, требует абсолютно новых идей и аппарата. Долгожданный эффект могут принести и старые, испытанные средства, если удастся взглянуть на них с новой, неожиданной точки зрения. Сам Андрей Николаевич отмечает, что зависящие от параметра регуляризующие операторы применялись в математике со времен Ньютона» (Б.М.Писаревский, В.Т.Харин, 1998). Регуляризация, которую А.Н.Тихонов перенес в область решения некорректных задач, заключается в идее о том, что при замене производной разностным отношением приращения аргумента должны быть не слишком малыми по сравнению с погрешностью значений функции.

**268) Аналогия С.Чанга.** С.Чанг (1968) разработал предварительный вариант нечеткой топологии по аналогии с теорией нечетких множеств, построенной американским математиком азербайджанского происхождения Лофти Заде (1965). А.П.Шостак в статье «Два десятилетия нечеткой топологии: основные идеи, понятия и результаты» (журнал «Успехи математических наук», 1989, том 44, выпуск 6 (270)) пишет: «Общая топология явилась одной из первых областей теоретической математики, к которой нечеткие множества стали систематически привлекаться. Так, уже в 1968 г., т.е. спустя три года после появления работы Заде, Чанг [16] произвел первую «прививку» понятия нечеткого множества к общей топологии. Им было введено понятие, называемое здесь чанговским нечетким пространством (1.1) и сделана попытка разработать основные топологические понятия для таких пространств. За этой работой последовали другие, в которых рассматривались чанговские нечеткие пространства и другие структуры топологического типа для систем нечетких множеств» (Шостак, 1989, с.100).

**269) Аналогия Жака-Луи Лионса.** Лауреат премии Филдса за 1994 год Жак-Луи Лионс (1971) построил теорию граничных задач для линейных уравнений с частными производными (для общих эллиптических уравнений и эволюционных уравнений) по аналогии с исследованиями С.Л.Соболева и М.И.Вишика, которые внесли существенный вклад в решение неоднородных граничных задач теории дифференциальных уравнений. Конечно, данная аналогия была не единственным источником работы Лионса, но очень важной. М.И.Вишик в сборнике «Мехматыне вспоминают» (2008) констатирует: «Под влиянием моих работ, а также моих собственных работ с другими математиками, были написаны многие статьи и книги. Так, например, наша совместная работа с Сергеем Львовичем Соболевым по неоднородным граничным задачам привела к тому, что Жак Лионс с итальянским математиком Энрико Мадженесом написали очень интересную книгу в трех томах по этой тематике, конечно, создав развитую теорию таких задач» (Вишик, 2008, с.91). Ж.Л.Лионс и Э.Мадженес в 1-ом томе книги «Неоднородные граничные задачи и их приложения» (1971) не забывают сослаться на работы М.И.Вишика: «Что касается уравнений, порядок которых выше двух, то такие граничные задачи стали изучать только недавно (кроме нескольких частных случаев, например, итерированный оператор Лапласа или уравнения с двумя переменными, относительно которых см. Леви [1]), особенно после работ Гординга и Вишика, в которых была развита вариационная теория...» (Лионс, Мадженес, 1971, с.245). Далее те же авторы

говорят: «Метод транспонирования для граничных задач был введен Соболевым и Вишиком [1], а также Фикера [1] и использовался в работах Лионса [30], Мадженеса и Стампаккья [1], Березанского [5]; к эллиптическим граничным задачам его систематически применяли с использованием, кроме того, интерполяции и пространств Соболева типа  $L^p$  ( $1 < p < \infty$ ) Лионс и Мадженес [1]...» (там же, с.249).

**270) Аналогия Феликса Березина.** Российский математик Ф.А.Березин (1970-е годы) создал так называемую суперматематику, то есть математическую теорию функций антикоммутирующих переменных и теорию интеграла по антикоммутирующим переменным по аналогии с теорией функций коммутирующих переменных и теорией обычного интеграла. Ф.А.Березин перенес в свою теорию основные понятия математического анализа и теории групп. Ю.И.Манин, М.А.Марков, С.П.Новиков и другие в статье «Памяти Феликса Александровича Березина» (журнал «Успехи физических наук», 1981, том 134, выпуск 2) пишут: «На языке символов Ф.А.Березиным были получены новые неравенства для спектральной функции оператора Гамильтона произвольной квантовой системы. На этом же пути он первым выявил в методе континуального интеграла известные неоднозначности квантования, связанные с упорядочением операторов. Ф.А.Березин последовательно распространил континуальный подход на ферми-поля. Это привело его к созданию анализа, в котором на равных правах с обычными функциями выступают функции антикоммутирующих переменных, т.е. элементы алгебры Грассмана. Им были высказаны и в значительной мере разработаны ключевые идеи относительно того, каким образом основные понятия математического анализа и теории групп могут быть перенесены на этот общий случай. Особенно полезным оказалось введенное им понятие интеграла по коммутирующим и антикоммутирующим переменным. В его честь аналог якобиана для таких интегралов получил название березиниана» (Ю.И.Манин, М.А.Марков, С.П.Новиков, 1981, с.357).

**271) Аналогия Геннадия Каспарова.** Российский математик, переехавший для научной работы во Францию, Г.Каспаров (1975) расширил идейный арсенал теории некоммутативных  $C^*$ -алгебр, когда по аналогии перенес в нее знаменитую  $K$ -теорию, созданную А.Гротендиком в алгебраической геометрии и позже распространенную М.Атьей и Ф.Хирцебрухом в область топологии. М.Атья в статье «Математика в двадцатом веке» (сборник «Математическое просвещение», 2003, серия 3, выпуск 7) подчеркивает: «В функциональном анализе благодаря работам многих авторов, в частности Каспарова, непрерывная  $K$ -теория была распространена на некоммутативные  $C^*$ -алгебры. Непрерывные функции, определенные на всем пространстве, образуют коммутативную алгебру относительно умножения, но в других ситуациях возникают ее некоммутативные аналоги, и функциональный анализ оказывается весьма естественной средой для вопросов такого рода» (Атья, 2003, с.16). Об этом же пишет Дж.Мерфи в книге « $C^*$ -алгебры и теория операторов» (1997): « $K$ -теория  $C^*$ -алгебр и ее плодотворное обобщение, предложенное Каспаровым и называемое  $KK$ -теорией, имеют важные приложения как в самой теории  $C^*$ -алгебр, так и в других областях, например в дифференциальной геометрии» (Мерфи, 1997, с.330).

**272) Аналогия Хариш-Чандры.** Хариш-Чандра построил некоммутативный гармонический анализ в результате переноса в область некоммутативного анализа теории спектрального разложения Фурье. М.Атья в статье «Математика в двадцатом веке» (сборник «Математическое просвещение», 2003, серия 3, выпуск 7) повествует: «В направлении, более близком к анализу, мы получаем, как теперь говорят, некоммутативный гармонический анализ. Он обобщает теорию Фурье, в которой ряды и интегралы Фурье по существу соответствуют коммутативным группам Ли на окружности и на прямой. Если заменить их более сложными группами Ли, мы получаем очень красивую и тонко разработанную теорию, которая связывает теорию представлений групп Ли с анализом. Это было основным делом жизни Хариш-Чандры» (Атья, 2003, с.17).

**273) Аналогия Жана Дельсарта.** Французский математик, представитель школы Бурбаки, Жан Дельсарт (1973) открыл путь для решения задач в алгебраической теории кодирования, в алгебраической теории блок-схем и в алгебраической теории графов в результате того, что по аналогии перенес в эти теории идеи и методы теории схем отношений. Э.Баннаи и Т.Ито в книге «Алгебраическая комбинаторика» (1987) пишут: «Дельсарт [118] первым обнаружил возможность использования схем отношений в качестве базовых структур теории кодирования, теории блок-схем и т.д. Именно этим объясняется успех развитой им теории, а само возникновение термина «алгебраическая комбинаторика» связывают с появлением работы [118]» (Баннаи, Ито, 1987, с.13). В общем случае можно сказать, что Ж.Дельсарт экстраполировал достижения алгебраической комбинаторики (по аналогии перенес эти достижения) в целый ряд математических областей. «...Именно в диссертации Дельсарта, - поясняют Э.Баннаи и Т.Ито, - алгебраическая комбинаторика была осознана как объединяющее начало для частных подходов, которые в каждом из разделов математики: алгебраической теории графов, алгебраической теории кодирования, алгебраической теории блок-схем, методе колец Шура, методе матриц пересечений в теории групп подстановок и др. называются по-разному» (там же, с.9).

**274) Аналогия Микио Сато.** Лауреат премии Вольфа за 2001 год Микио Сато внес существенный вклад в развитие математической теории микролокального анализа, когда по аналогии перенес в данный анализ триангулированные категории, которые использовались учеником А.Гротендика Ж.Л.Вердье (1963) в алгебраической геометрии. С.И.Гельфанд и Ю.И.Манин в 1-ом томе книги «Методы гомологической алгебры» (1988), описывая этапы эволюции гомологической алгебры, отмечают: «Третий период, продолжающийся до сих пор, связан со все расширяющимся использованием понятий производной и триангулированной категории. Основная техника была изложена в диссертации ученика А.Гротендика Ж.-Л.Вердье в 1963 году, но за пределы алгебраической геометрии она распространялась медленно. Лишь в последние десять-пятнадцать лет положение изменилось. Сначала в работах Сато и его школы по микролокальному анализу, затем в теории D-модулей и превратных (perverse) пучков с приложениями в теории представлений триангулированные категории стали использоваться как самый адекватный инструмент» (Гельфанд, Манин, 1988, с.6). Ю.В.Егоров в статье «Микролокальный анализ» (сборник «Итоги науки и техники. Современные проблемы математики», 1988, том 33) поясняет сущность данного анализа: «Микролокальным анализом называется локальный анализ в пространстве кокасательного расслоения. Замечательные успехи теории дифференциальных уравнений в последние двадцать лет стали возможны именно благодаря широкому применению идеи микролокализации. Гамильтоновы системы, канонические преобразования, лагранжевы многообразия и другие понятия, которые используются в теоретической механике для изучения процессов в фазовом пространстве, становятся в последние годы центральными объектами теории дифференциальных уравнений» (Егоров, 1988, с.8).

**275) Аналогия Микио Сато.** Микио Сато (1969) расширил горизонты теории гиперфункций (и микролокального анализа) благодаря тому, что по аналогии перенес в эту теорию концепцию пучков Жана Лере. М.Касивара и П.Шапира в книге «Пучки на многообразиях» (1997) повествуют: «Новая (и фундаментальная) идея, выдвинутая Микио Сато в 1969 г., расширила горизонты теории пучков. Это так называемый «микролокальный подход», и одной из целей данной книги является развитие теории пучков в рамках этой концепции. Основной задачей Сато было изучение аналитических особенностей решений систем линейных дифференциальных уравнений. Уже в 1959 г. он применил локальные когомологии для определения пучка гиперфункций и интерпретировал последние как суммы граничных значений голоморфных функций» (Касивара, Шапира, 1997, с.36). Относительно концепции пучков Лере, которую до М.Сато развивали А.Картан, Ж.П.Серр и А.Гротендик, указанные

авторы пишут: «Пучки придумал Жан Лере, находясь в немецком лагере для военнопленных во время второй мировой войны. Теория пучков преследует достаточно общую цель – получать глобальную информацию из локальной или, другими словами, определять препятствия, характеризующие тот факт, что некоторое локальное свойство не является глобальным...» (там же, с.35).



«Открытие полинома Джонса было весьма неожиданно и драматично. Воган Джонс, математик из Новой Зеландии, занимавшийся представлениями алгебр фон Неймана, использовал для их исследования так называемый след Окнеану. После одного из его докладов Джоан Бирман, ведущий специалист по теории кос, указала на поразительное формальное сходство между свойствами этого следа и преобразованиями Маркова (они устанавливают связь между косами и зацеплениями...). После этого, проделав некоторые остроумные вычисления, Джонс смог построить свой полином».

В.В.Прасолов, А.Б.Сосинский о Вогане Джонсе

**276) Аналогия Вогана Джонса.** Лауреат премии Филдса за 1990 год Воган Джонс (1984) перенес в теорию узлов (теорию кос) некоторые математические результаты статистической механики, когда обнаружил аналогию между математическими соотношениями, содержащимися в такой области статистической механики, как «алгебры фон Неймана», и математическими соотношениями, описывающими свойства узлов. В.Джонс в статье «Теория узлов и статистическая механика» (журнал «В мире науки», 1991, № 1) повествует: «В 1984 году я случайно наткнулся на ряд методов, связывающих два на первый взгляд очень далеких друг от друга направления математики и физики: теорию узлов и статистическую механику. Статистическая механика изучает системы, состоящие из чрезвычайно большого числа компонентов. К этой дисциплине, как правило, не имеют отношения малые системы вроде узлов и зацеплений, которые обычно изучаются теорией узлов. В то же время в теории узлов даже самые малые системы могут обладать довольно тонкими свойствами. Тем не менее, некоторые алгебраические соотношения, используемые для расчета моделей в статистической механике, служили ключом к описанию одного математического свойства узлов, известного как полиномиальный инвариант. Эта связь, вначале малозаметная, породила затем значительный поток идей» (В.Джонс, 1991). «Фактически, - продолжает В.Джонс, - открытие связи между теорией узлов и статистической механикой произошло благодаря теории, тесно связанной с математическим аппаратом квантовой физики. Эта теория, известная как алгебры фон Неймана, отличается понятием непрерывной размерности. Обычно размерность пространства – целое положительное число, скажем 2,3 или 11, но у алгебр фон Неймана столь же возможны такие размерности, как  $\sqrt{2}$  или  $\pi$ . Эта допустимость произвольной вещественной размерности играет ключевую роль в сопряжении теории узлов и статистической механики» (В.Джонс, 1991). Раскрывая свой путь к открытию внутренней взаимосвязи между квантовой механикой и теорией узлов, В.Джонс вспоминает: «Теплым весенним утром в мае 1984 года я сел в поезд нью-йоркского метро и отправился в Колумбийский университет, на встречу с Джоан С.Бирман, специалистом по теории «кос» (которые можно считать весьма специальным видом узлов). Работая над алгебрами фон Неймана, я с удивлением обнаружил выражения, очень напоминающие алгебраические соотношения, которые отражают некоторые топологические отношения между косами. Я был полон надежд, что методы, которыми я тогда пользовался, окажутся полезными в теории узлов, и даже надеялся, что мне удастся вывести некоторые новые факты, относящиеся к многочлену Александера» (В.Джонс, 1991). Результат Джонса представлял собой аналогию с фактором случая.

**277) Аналогия Эдварда Виттена.** Лауреат премии Филдса за 1990 год Э.Виттен начал строить топологическую квантовую теорию поля, когда заметил аналогию между полиномом (инвариантом) Вогана Джонса из теории узлов и «петлей Вильсона» из квантовой физики. С.П.Новиков в статье «Топология в XX веке: взгляд изнутри» (журнал «Успехи математических наук», 2004, том 59, выпуск 5 (359)) констатирует: «Виттен заметил в конце 80-х гг., что полином Джонса имеет квантово-полевую трактовку как известная в теории полей Янга-Миллса связанная с замкнутой кривой корреляционная функция – «петля Вильсона». В данном случае мы имеем 3-мерную теорию Янга-Миллса с весьма специальным «топологическим» функционалом действия – так называемым функционалом Черна-Саймонса» (Новиков, 2004, с.24). «В конце 80-х гг., - поясняет С.П.Новиков, - Виттен начал активное развитие топологических квантовых теорий поля на различных многообразиях, особенно размерностей 2, 3, 4. В трехмерном случае для простейшей неабелевой теории Янга-Миллса с функционалом Черна-Саймонса в качестве действия Виттен обнаружил, что так называемая «петля Вильсона», если ее точно определить, совпадает с полиномом Джонса узлов» (там же, с.25).

**278) Аналогия Эдварда Виттена, Владимира Тураева и других ученых.** Э.Виттен, В.Г.Тураев и другие математики пришли к выводу о необходимости использования результатов теории узлов в квантовой теории поля в результате того, что обнаружили следующую аналогию. Они обратили внимание на сходство, существующее между уравнением кос Эмиля Артина из теории узлов, уравнением Янга, описывающим взаимодействие трех элементарных частиц на прямой, и уравнением Бакстера из механики сплошных сред. В.В.Прасолов и А.Б.Сосинский в книге «Узлы, зацепления, косы и трехмерные многообразия» (1997) пишут: «...Соотношения Артина для группы кос оказываются просто-напросто другим способом записи уравнений Янга-Бакстера (фундаментальное соотношение в двумерной статистической физике, которое также описывает поведение частиц в одномерной квантовой теории). Эта аналогия является одним из главных источников глубоких связей между физикой и теорией узлов. Именно тесная связь между косами и зацеплениями (которую мы обсудим в §6) и аналогии с физикой привели Э.Виттена и его последователей к обобщению полинома Джонса до инвариантов зацеплений в произвольных замкнутых ориентируемых трехмерных многообразиях» (Прасолов, Сосинский, 1997, с.70). В другом месте своей книги В.В.Прасолов и А.Б.Сосинский вновь подчеркивают: «Бесспорно, начальная точка связи между физикой и современными работами по теории инвариантов узлов состоит в наблюдении того, что уравнение Янга-Бакстера (фундаментальный закон как в статистической, так и в квантовой физике) также появляется в трехмерной топологии в разных ипостасях. Именно, в некотором формальном смысле уравнение Янга-Бакстера «совпадает» с соотношением Артина в теории кос (см. §5) и с третьей операцией Рейдемейстера (см. §1)» (там же, с.288). Наконец, в книге «Узлы и косы» (2001) А.Б.Сосинский достаточно подробно разъясняет суть аналогии, обнаруженной специалистами в области теории узлов и квантовой физики: «Соотношение (3) называют уравнением Артина или уравнением кос, а в последнее время употребляется еще и термин уравнение Янга-Бакстера. Янг – физик китайского происхождения, лауреат Нобелевской премии – вывел это уравнение, исследуя теорию элементарных частиц на прямой. Его уравнение описывает взаимодействие трех частиц, которые меняются местами. Бакстер – австралийский математик, специалист по статистической физике – он рассматривал модели сплошной среды, изучал процесс превращения воды в лед, и в своей работе он вывел уравнение, которое формально выглядит точно так же. Никакой связи между Янгом и Бакстером не было, они занимались совершенно разными задачами, но это уравнение было получено ими примерно в одно и то же время, и его стали называть уравнением Янга-Бакстера. Потом выяснилось, что это уравнение совпадает с уравнением кос, и вообще теория кос тесно связана с физикой квантовой, статистической... В последние годы физики интересуются теорией кос не меньше, чем математики» (Сосинский, 2001, с.13).

**279) Аналогия Бенуа Мандельброта.** Б.Мандельброт (1979) получил ряд важных результатов в теории факталов и в теории итераций по аналогии с исследованиями А.Пуанкаре, Ж.Жюлиа и П.Фату, которые одними из первых стали изучать множества, получившие название фракталов, инвариантных относительно определенных геометрических преобразований. В книге Х.О.Пайтгена и П.Х.Рихтера «Красота фракталов» (1993) Б.Мандельброт пишет о роли исследований А.Пуанкаре в своем творчестве: «Я уже заинтересовался фракталами, инвариантными относительно нелинейных преобразований, хотя начинал с «самоподобных» фракталов, инвариантных относительно линейных преобразований. Откуда же взялось это новое увлечение? Дело в том, что на меня произвел сильное впечатление написанный Ж.Адамаром некролог Анри Пуанкаре. Он, собственно, и привлек мое внимание к нескольким заброшенным областям математики, в которых можно было ожидать появления любопытных фракталов совершенно неизвестной структуры. Вначале мы исследовали объект, рассмотренный впервые самим Пуанкаре в 1880-х годах, а именно «предельное множество группы Клейна». Нас занимала, если говорить точнее, следующая родственная задача: на плоскости дано несколько окружностей. Необходимо описать структуру множества, инвариантного (не изменяющегося) при обычных инверсиях относительно любой из этих окружностей. Другими словами, произвольно взятая начальная точка подвергается бесконечной цепочке инверсий относительно заданных окружностей, и задача состоит в том, что описать фигуру, к которой бесконечная цепочка инверсий «притягивает» эту начальную точку. К моей радости и удивлению, моих способностей в прикладной математике хватило, чтобы отыскать явную конструкцию. И хотя сейчас конструкция кажется почти очевидной, она неизменно, начиная с 1880-х годов, ускользала от чистых математиков» (Б.Мандельброт, 1993). Что касается аналогии размышлений Мандельброта с изысканиями Ж.Жюлиа и П.Фату, то в той же книге Х.О.Пайтгена и П.Х.Рихтера «Красота фракталов» (1993) Б.Мандельброт подчеркивает: «Затем мы довольно беззаботно стали забавляться, строя один за другим примеры фигур, известных как «множества Жюлиа». Они возникли в рамках так называемой «теории итераций рациональных отображений комплексной области». Тогда, в 1979 году, эта теория пребывала в спячке, пройдя пик своего расцвета где-то в 1918 году, когда появились знаменитые работы Ж.Жюлиа и П.Фату. Что же заставило нас вернуться к этим работам? В 20 лет я прочел или просмотрел их по совету моего дяди – известного «чистого» математика, специалиста по комплексному анализу, и это здорово повлияло на мою дальнейшую жизнь. Еще тогда, в 1945 г., мне удалось благодаря этим работам отойти от шаблона, которому обычно следуют при изучении математики. А благодаря тому, что Жюлиа был одним из моих учителей в Политехнической школе, мой образ мыслей не изменился. Через 35 лет мне довелось сыграть ведущую роль в возрождении теории итераций, и это, хотя и очень поздно, приблизило меня к основному руслу современной математики, причем настолько, что я и сам этого не ожидал. Мы накопили прекрасные изображения множества Жюлиа в больших количествах (рисунок одного из таких множеств был независимо от нас построен и показан нам Дж.Х.Хаббардом). И очень приятно было спустя столько лет ощущать, в чем в действительности состоял смысл открытий Жюлиа и Фату. Кроме того, практически все множества Жюлиа оказались чрезвычайно красивыми» (Б.Мандельброт, 1993).

**280) Аналогия Владимира Дринфельда.** Российский математик, лауреат премии Филдса за 1990 год В.Г.Дринфельд разработал математическую теорию квантовых групп благодаря тому, что по аналогии перенес в теорию алгебр Хопфа идеи и методы квантовой теории поля, а именно метод обратной задачи рассеяния, введенный в физику Людвигом Фаддеевым. В.М.Бухштабер в предисловии к книге К.Касселя «Квантовые группы» (1999) пишет: «Работы В.Г.Дринфельда и М.Джимбо сыграли решающую роль в становлении теории квантовых групп как новой области математических исследований. В статье [10], представляющей собой расширенный вариант доклада В.Г.Дринфельда на Международном

математическом конгрессе (Беркли, 1986), говорится: «Наш подход к алгебрам Хопфа мотивирован квантовым методом обратной задачи (КМОЗ), методом построения и изучения интегрируемых квантовых систем, развитым главным образом Л.Д.Фаддеевым и его сотрудниками. Большая часть определений, конструкций, примеров, теории настоящей работы возникла под влиянием КМОЗ» (Бухштабер, 1999, с.15). Об этой же аналогии Дринфельда пишет Л.Вайнерман в статье «Памяти Георгия Исааковича Каца» (Интернет): «Собственно, и придуманы-то были квантовые группы как раз в результате глубокого анализа математических моделей квантовой теории рассеяния, которыми много занимались сотрудники Л.Д.Фаддева в Санкт-Петербурге» (Л.Вайнерман, Интернет).

**281) Аналогия Владимира Тураева.** В.Тураев (1989) разработал метод определения элементарных идеалов трехмерных многообразий для многомерной ситуации по аналогии с подходом Райдемайстера к определению элементарных идеалов трехмерных многообразий. В.Тураев в статье «Элементарные идеалы зацеплений и многообразий: симметричность и асимметричность» (журнал «Алгебра и анализ», 1989, том 1, выпуск 5) пишет о своих исследованиях: «Подход Райдемайстера к определению элементарных идеалов трехмерных многообразий распространяется в статье на многомерную ситуацию. Это приводит к «элементарным» идеалам, определяемым для каждого конечного клеточного пространства. В случае компактных PL-многообразий эти идеалы удовлетворяют соотношениям симметрии, являющимся следствиями двойственности Пуанкаре» (Тураев, 1989, с.224).

**282) Аналогия Владимира Воеводского.** Российский математик, лауреат премии Филдса за 2004 год Владимир Воеводский построил теорию мотивных когомологий за счет того, что по аналогии перенес на алгебраические многообразия многие понятия гомотопической топологии. В частности, он перенес понятия спектра, надстройки, пространства петель и другие понятия гомотопической топологии на алгебро-геометрическую почву.

**283) Аналогия Максима Концевича.** Российский математик, лауреат премии Филдса за 1998 год М.Концевич (1992) открыл интеграл, выражающий так называемые инварианты Васильева, по аналогии с интегральной формулой Гаусса, выражающей коэффициент зацепления двух замкнутых кривых в пространстве. Иначе говоря, М.Концевич обобщил интеграл Гаусса, преобразовав его и применив в теории инвариантов Васильева. С.В.Дужин и С.В.Чмутов в статье «Узлы и их инварианты» (сборник «Математическое просвещение», 1999, серия 3, выпуск 3) указывают: «Интеграл Концевича изобретен в 1992 году [18] как средство доказательства сформулированной выше (с.81) теоремы Васильева-Концевича. Он является далеко идущим обобщением интегральной формулы Гаусса, выражающей коэффициент зацепления двух замкнутых кривых в пространстве» (Дужин, Чмутов, 1999, с.85). В.В.Прасолов и А.Б.Сосинский в книге «Узлы, зацепления, косы и трехмерные многообразия» (1997) пишут: «Как ни странно, замечательный интеграл Гаусса был оставлен топологами без внимания; первое его обобщение появилось лишь 150 лет спустя в виде интеграла Концевича, дающего выражение для инвариантов Васильева» (Прасолов, Сосинский, 1997, с.32). Отметим, что инварианты Васильева, выражающие определенные свойства узлов и кос, можно интерпретировать как степени отображений конфигурационных пространств.

**284) Аналогия Максима Концевича.** М.Концевич высказал предположение о существовании когомологий Хохшильда для алгебр над операдой малых кубов по аналогии с существованием когомологии Хохшильда ассоциативных алгебр. В реферативном журнале «Математика. Сводный том» (главный редактор – Р.В.Гамкрелидзе, 2006, № 11) указывается: «Обобщая гипотезу Делиня, М.Концевич предположил, что должно существовать понятие когомологий Хохшильда для алгебр над операдой малых кубов (или над ее цепным комплексом), которое естественным образом обобщает когомологии Хохшильда

ассоциативных алгебр. Более того, он высказал предположение, что когомологии Хохшильда в этом новом смысле для алгебры над операдой малых  $K$ -кубов представляют собой алгебру над операдой малых  $(K+1)$ -кубов» (журнал «Математика», 2006, с.311).

**285) Аналогия Анатолия Вершика.** Российский математик А.Вершик расширил арсенал идей и методов математической теории представлений, когда по аналогии перенес в нее идеи теории вероятностей. Н.Демина в статье «Анатолий Вершик – классификации не поддается» (газета «Полит. Ру», 12 января 2009 г.) приводит слова лауреата премии Филдса за 2006 год Андрея Окунькова: «Вклад Анатолия Моисеевича в современную математику обширен и многогранен, но лично для меня наибольшую роль сыграла та смелость и дальновидность, с которой он внедрил вероятностные идеи и аппарат в теорию представлений. Через пробитую им скалу устремился целый бурлящий поток на новые плодородные земли, откуда, в частности, происходят многие продукты моего собственного скромного огородничества» (Н.Демина, 2009).

**286) Аналогия Михаила Громова.** Российский математик, лауреат премии Абеля за 2009 год Михаил Громов разработал теорию гиперболических групп по аналогии с теорией дискретных групп движений классических гиперболических пространств и по аналогии с теорией групп компактных римановых многообразий. О.В.Богопольский в предисловии к книге М.Громова «Гиперболические группы» (2002), характеризуя указанную книгу, констатирует: «Ее автор Михаил Громов вводит (словесно) гиперболические группы, далеко обобщающие фундаментальные группы компактных римановых многообразий отрицательной кривизны, и предлагает исследовать их методами, аналогичными методам исследования дискретных групп движений классических гиперболических пространств» (Богопольский, 2002, с.5). Сам М.Громов в своей книге отмечает: «Идея гиперболичности присутствовала в комбинаторной теории групп, начиная с фундаментальной работы Дена. Широкое изучение класса словесно-гиперболических групп  $\Gamma$  с границей размерности 1 (в комбинаторной трактовке) было проведено Ольшанским (см. [O1]). Глубокие алгебраические результаты об общих гиперболических группах содержатся в еще неопубликованной работе Рипса, который называет их группами отрицательной кривизны. Наш подход мотивирован гиперболическими феноменами в геометрии многообразий и пространств неположительной, в частности, отрицательной кривизны, и в топологической динамике [Gr1]» (Громов, 2002, с.21).

**287) Аналогия Юрия Манина.** Российский математик Ю.И.Манин расширил арсенал методов физической теории струн, описывающей поведение элементарных частиц, когда по аналогии перенес в эту теорию результаты Фальтингса из теории чисел. Эти результаты дали в руки ученых метод вычисления меры Полякова в струнной теории. Ю.И.Манин в книге «Математика как метафора» (2008) пишет: «Если быть последовательным, придется принять неправдоподобную (?) идею, что самые глубокие приложения в физике получит теория чисел. И действительно, явственно различима тенденция, по крайней мере, допускать теорию чисел в мир идей современной теоретической физики. Автор этих строк был удивлен и обрадован, когда обнаружил, что для нахождения меры Полякова в струнной теории можно воспользоваться результатами Фальтингса, вычислявшего теоретико-числовую функцию – так называемую высоту» (Манин, 2008, с.209).

**288) Аналогия Эндрю Уайлса (Уайлза).** Одной из исходных посылок успешного доказательства великой теоремы Ферма, осуществленного американским математиком Эндрю Уайлсом (1995) был перенос в область поиска этого доказательства теории чисел Ивасава, которая делала достижимой грандиозную цель, ставшую делом жизни для Э.Уайлса. Сергей Смирнов в статье «Как ее доказывали...» (журнал «Знание-сила», 1999, № 1) пишет о математике Уайлсе: «Неожиданно пришла простая мысль: «система Эйлера» не работает там, где применима теория Ивасава. Почему бы не применить эту теорию напрямую – благо,

самому Уайлзу она близка и привычна? И почему он не испробовал этот подход с самого начала, а увлекся чужим видением проблемы? Вспомнить эти детали Уайлз уже не мог – да и ни к чему это стало. Он провел необходимое рассуждение в рамках теории Ивасава, и все получилось за полчаса! Так – с опозданием в один год – была закрыта последняя брешь в доказательстве гипотезы Таниямы» (С.Смирнов, 1999). Другими посылками успеха Уайлса были две аналогии, открытые математиками Ю.Таниямой и Г.Фреем. В частности, японский математик Ютака Танияма (1955) обнаружил аналогию между эллиптическими и модулярными функциями. Он эмпирически установил, что всякая эллиптическая кривая с рациональными коэффициентами является модулярной. А в 1985 году немецкий математик Герхард Фрей обнаружил аналогию между великой теоремой Ферма и утверждением Таниямы о том, что эллиптическая кривая порождается модулярными функциями. Г.Фрей выдвинул гипотезу о том, что теорема Ферма выводится из утверждения Таниямы. После того, как американский математик Кен Рибет доказал гипотезу Фрея, оставалось лишь доказать утверждение Таниямы, что и сделал Уайлс, воспользовавшись теоретико-числовой системой Ивасава. Саймон Сингх в книге «Великая теорема Ферма» (2000), подчеркивая роль утверждения Таниямы в доказательстве теоремы Ферма, пишет о перспективах, которые открылись перед математикой при использовании этого утверждения: «С помощью гипотезы Таниямы-Шимуры Уайлс объединил эллиптический и модулярный миры и, тем самым, проложил математике пути ко многим другим доказательствам: проблемы, стоящие в одной области, могут быть решены по аналогии с проблемами из параллельной области. Классические нерешенные проблемы теории эллиптических кривых стало возможным подвергнуть пересмотру, используя все имеющиеся средства и методы теории модулярных форм» (С.Сингх, 2000).



«Он не придает особого значения материальной стороне жизни, для него ее цель – научный поиск, в котором высшие научные результаты имеют свою внутреннюю ценность, а получение за них денег – безнравственно, ибо оно опошляет высокую цель служения истине. Не нужно думать, что эта позиция скромного, по-манашески отрешенного человека – Григорий Перельман знает себе цену и жестко отстаивает свои принципы».

А.Б.Сосинский о Г.Перельмане

**289) Аналогия Григория Перельмана.** Русский математик Григорий Перельман (2002) нашел доказательство гипотезы Пуанкаре об эквивалентности топологических свойств односвязного трехмерного пространства и трехмерной сферы, когда по аналогии перенес в область решения задачи Пуанкаре результаты Ричарда Гамильтона, посвященные потокам Риччи. Потоки Риччи – это уравнения Риччи, которые сообщают многообразиям унифицированную геометрию. С.Насар и Д.Грубер в статье «Легендарная задача и битва за приоритет» («Живой журнал», 2008, август) пишут о том, как Перельман общался с Гамильтоном, чтобы получить необходимые сведения о потоках Риччи: «Перельман прочел статьи Гамильтона, после чего отправился послушать его лекцию в ИСИ. После лекции Перельман поборол свою застенчивость и поговорил с Гамильтоном. «Мне было очень важно расспросить его кое о чем», вспоминал Перельман. «Он улыбался и был очень со мной терпелив. Он даже рассказал мне пару вещей, которые были им опубликованы только несколько лет спустя. Он, не задумываясь, делился со мной. Мне очень понравились его открытость и щедрость. Могу сказать, что в этом Гамильтон был не похож на большинство других математиков». «Я работал над разными темами, хотя время от времени я мысленно возвращался к потокам Риччи», добавил Перельман. «Не нужно быть великим математиком, чтобы увидеть, что потоки Риччи могут оказаться полезными в решении проблемы геометризации. Я чувствовал, что мне не хватает знаний. Я продолжал задавать вопросы»

(С.Насар и Д.Грубер, 2008). Об этой аналогии Перельмана пишут многие авторы. В.Гаташ в статье «На математическом Эвересте кипят страсти» (газета «Зеркало недели», № 42 (621), ноябрь 2006 г.) указывает: «Ближе всего подошел к решению американский математик Ричард Гамильтон, который в течение 25 лет разрабатывал так называемую теорию потоков Риччи, которая легла в основу доказательства Перельмана. Но выйти из тупика удалось Перельману. Эта дорога заняла у него восемь лет» (В.Гаташ, 2006).

**290) Аналогия Виктора Маслова.** Академик РАН В.П.Маслов развил идемпотентный анализ и получил ряд новых результатов в идемпотентной математике, руководствуясь аналогиями с традиционной математикой. В.П.Маслов, Г.Л.Литвинов и А.Н.Соболевский в статье «Идемпотентная математика и интервальный анализ» (журнал «Вычислительные технологии», 2001, том 6, № 6) пишут: «Важно, что существует соответствие между интересными, полезными и важными конструкциями и результатами над полем действительных (или комплексных) чисел и аналогичными конструкциями, относящимися к различным идемпотентным полукольцам. Это соответствие может быть сформулировано в духе известного принципа соответствия Н.Бора в квантовой механике; фактически эти два принципа тесно связаны друг с другом. В настоящей статье мы обсуждаем идемпотентные аналоги некоторых основных идей, конструкций и результатов, известных из традиционного математического и функционального анализа. Оказывается, что принцип соответствия служит мощным эвристическим инструментом для применения неожиданных аналогий и идей, заимствованных из различных областей математики. К настоящему времени идемпотентная теория достигла значительного развития. Она включает, в частности, новую теорию интегрирования, новую линейную алгебру, спектральную теорию и функциональный анализ» (В.П.Маслов, Г.Л.Литвинов и А.Н.Соболевский, 2001). «В квантовой механике, - указывают данные авторы, - принцип суперпозиции означает, что уравнение Шредингера, являющееся для этой теории основным, линейно. В идемпотентной математике также имеется (идемпотентный) принцип суперпозиции: он означает, что некоторые важные задачи и уравнения (например, уравнение Гамильтона-Якоби, являющееся основным в классической механике, задачи оптимизации, уравнение Беллмана и его обобщения), нелинейные в обычном смысле, оказываются линейными над соответствующими идемпотентными полукольцами» (В.П.Маслов, Г.Л.Литвинов и А.Н.Соболевский, 2001).

**291) Аналогия Б.А.Карре.** Известный математик Б.А.Карре независимо от других исследователей сформулировал серию важных идей в идемпотентном анализе, когда обнаружил аналогию между этим анализом и алгоритмами линейной алгебры, в частности, задачами теории оптимального управления. В.П.Маслов, Г.Л.Литвинов и А.Н.Соболевский в статье «Идемпотентная математика и интервальный анализ» (журнал «Вычислительные технологии», 2001, том 6, № 6) отмечают: «Б.А.Карре также обобщил на идемпотентный случай основные алгоритмы вычислительной линейной алгебры и показал, что некоторые из них совпадают с алгоритмами, независимо полученными ранее при решении задач оптимизации; например, при решении задачи о кратчайшем маршруте алгоритм Беллмана соответствует одному из вариантов метода Якоби решения систем линейных уравнений, а алгоритм Форда – варианту метода Гаусса-Зейделя» (В.П.Маслов, Г.Л.Литвинов и А.Н.Соболевский, 2001). Г.Л.Литвинов рассказывает о характере развития идемпотентной математики в статье «Универсальные алгоритмы и идемпотентная математика» (Интернет): «Это направление сейчас развивается очень многими авторами, возникло обширное международное сотрудничество на эту тему, и в нем очень важную роль играет академик Маслов. По крайней мере, в нашей стране наиболее важные работы в этом направлении ведутся под его руководством» (Г.Л.Литвинов, Интернет). Далее Г.Л.Литвинов объясняет, что в идемпотентном анализе обнаруживается сходство (эквивалентность) многих уравнений, которые ранее воспринимались изолированно: «В квантовой механике действует знаменитый принцип суперпозиции, смысл которого состоит в том, что уравнение Шредингера, то есть

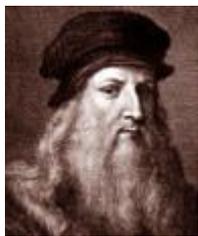
основное уравнение квантовой механики является линейным. И основное уравнение механики (уравнение Гамильтона-Якоби), и основное уравнение в теории оптимизации (уравнение Беллмана), и основное уравнение в теории игр (уравнение Айзекса), и многие другие важные уравнения являются линейными над идемпотентной алгеброй. Более того, в сущности, все это одно и то же уравнение, которое называется обобщенным уравнением Гамильтона-Якоби-Беллмана-Айзекса. Мы имеем дело с одним и тем же объектом» (Г.Л.Литвинов, Интернет).

**292) Аналогия А.Г.Хованского.** Ученик В.И.Арнольда А.Г.Хованский получил ряд новых результатов в теории произвольных многогранников Ньютона уравнений, когда по аналогии перенес в эту теорию идеи Петровского и Олейник, касающиеся оценки сверху значений топологических инвариантов многообразий через степени их уравнений. В.И.Арнольд в статье «И.Г.Петровский, топологические проблемы Гильберта и современная математика» (журнал «Успехи математических наук», 2002, том 57, выпуск 4 (346)) указывает: «С другой стороны, оценки сверху значений топологических инвариантов многообразий через степени их уравнений, полученные Петровским и Олейник, были перенесены А.Г.Хованским и другими моими учениками на более общий случай произвольных многогранников Ньютона уравнений (оценка через степени уравнений соответствует частному случаю, когда эти многогранники – стандартные симплексы)» (Арнольд, 2002, с.199). Об этой же аналогии В.И.Арнольд пишет в книге «Что такое математика?» (2008): «А.Г.Хованский, бывший тогда моим учеником, перенес идеи моего топологического доказательства теоремы Абеля на дифференциальную алгебру и теорию линейных дифференциальных уравнений, где группа монодромии состоит не из перестановок, а из линейных операторов, да и понятие фундаментальной группы нужно усовершенствовать из-за бесконечного, вообще говоря, числа точек ветвления» (Арнольд, 2008, с.27).

## Глава 10

### Аналогии в области техники и технологии

**1) Аналогия Иоганна Гуттенберга.** Иоганн Гуттенберг (1440) изобрел технику книгопечатания в результате использования двух аналогий: 1) он перенес в сферу массового выпуска книг способ получения именных оттисков на документах и письмах с помощью различных печатей и клейм, 2) он перенес в ту же сферу ручной пресс, которым отжимали сок из виноградных ягод. А.А.Ивин в книге «Искусство правильно мыслить» (1990) пишет: «И.Гуттенберг пришел к идее передвижного шрифта по аналогии с чеканкой монет. Так было положено начало книгопечатанию, открыта «галактика Гуттенберга», преобразовавшая всю человеческую культуру» (Ивин, 1990). Психолог Д.Перкинс в книге «Как стать гением» (2003) констатирует: «Гуттенберг пошел по пути одновременного решения обеих технических проблем: упростить подготовку клише и ускорить процесс копирования. Что касается первой задачи, тут он позаимствовал способ получения именных оттисков на документах и письмах с помощью различных печатей и клейм, которые ему самому приходилось частенько отливать для заказчиков. Он перенес эту идею на технологию сменного шрифта – металлических буквенных литер, из которых постранично набирал нужный текст» (Перкинс, 2003, с.55). О второй аналогии, то есть о переносе в сферу тиражирования книг ручного пресса, Перкинс пишет: «Ненадолго прервав свои лихорадочные поиски, Гуттенберг отправился на ежегодный праздник виноделов. Там совершенно случайно он натолкнулся на технологию из другой области, которая и дала ему ключ к решению. Он увидел ручной пресс, которым отжимали сок из виноградных ягод. Гуттенберг мгновенно сообразил, что подобное устройство наиболее пригодно для получения отпечатков с клише» (там же, с.56). Благодаря двум указанным аналогиям Гуттенберг создал печатный станок, состоящий из нижней доски, на которой укреплялся покрытый краской набор, и верхней доски, опускавшейся с помощью винта и плотно прижимавшей лист бумаги к набору.



«Ступая по земле, где ходил Леонардо, подолгу засиживаясь в его кабинете и ненадолго задерживаясь в его спальне, заглядывая в его окно и созерцая пейзаж, который он изо дня в день изучал своим пристальным взором, я чувствовал, что сердце мое переполняется благоговейным трепетом, почтением, удивлением, печалью и благодарностью».

Майкл Гелб о Леонардо да Винчи

**2) Аналогия Леонардо да Винчи.** Леонардо да Винчи разработал проект великолепной спиральной лестницы для замка французского короля в Блуа по аналогии со спиральной структурой морских раковин. М.Гелб в книге «Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи» (2004) пишет: «Одним из любимых мыслительных методов Леонардо, был поиск аналогий и иллюстративных метафор в природе. К примеру, когда он проектировал великолепную спиральную лестницу для замка французского короля в Блуа, он черпал вдохновение из замысловатых извивов морских раковин...» (М.Гелб, 2004). Об этом же пишет Елена Сикирич в статье «Открой самого себя» (журнал «Новый Акрополь», 2005, № 3): «Идею великолепной спиральной лестницы для королевского замка в Блуа Леонардо увидел в замысловатых извивах морских раковин, которые собирал на северо-западном побережье Италии» (Е.Сикирич, 2005).

**3) Аналогия Леонардо да Винчи.** Леонардо да Винчи разработал многочисленные проекты летательных аппаратов и описал схему их полета в воздухе по аналогии с формой птиц и летучих мышей и траекторией их движения над землей. Элла Цыганкова в книге «У истоков

дизайна» (1977) пишет: «Как в художественном, так и в техническом творчестве Леонардо форма была неразрывно связана с содержанием. Каждую свою новую техническую идею он обдумывал до мельчайших подробностей, проверял в действии, проводил многочисленные аналогии, что не могло не отразиться на форме его конструкций. Проектируя, например, летательную машину, он наблюдает полет птиц и летучих мышей, сравнивает перьевую и кожистую поверхность крыльев тех и других, рисует, строит модель и снова наблюдает и проверяет, подмечая тончайшие особенности согласования и движения частей. Не подозревая о существовании аэродинамических сил, он ищет аналогии в полете птицы; у нее заимствует внешнюю форму и форму движения» (Э.Цыганкова, 1977). Об этом же пишет Г.Я.Буш в электронной версии книги «Методы технического творчества» (1972): «Особое значение Леонардо да Винчи придавал методу моделирования. Он строил модели летательных аппаратов, гидротехнических сооружений, лодок, водоворотов. Методом аналогии с живой природой он проектировал летательные аппараты по подобию птиц и летучих мышей и излагал теоретические основы метода в трактате «О летании и движении в воздухе». На основе аналогии с другими техническими устройствами он усовершенствовал счетчик пройденного пути, описанный Витрувием. По аналогии со спиралеобразным винтом Архимеда Леонардо да Винчи изобрел геликоптер. Методом дублирования технических элементов он создавал двухверетенную самопрялку, методом мультипликации элементов – серию органных пушек» (Г.Я.Буш, 1972).

**4) Аналогия Леонардо да Винчи.** Идея воздушного винта, который при вращении тянул бы летательную машину вперед по воздуху, возникла у Леонардо да Винчи по аналогии с архимедовым винтом, с помощью которого в древности подавалась вода в оросительные каналы. В.В.Гончаренко в книге «Как люди научились летать» (1986) пишет о да Винчи: «Он первый предложил использовать для летания по воздуху изобретение древнегреческого ученого Архимеда – так называемый «архимедов винт», напоминающий винтовой вал в мясорубках, с помощью которого в древности подавалась вода в оросительные каналы. Леонардо да Винчи оставил эскизы таких воздушных винтов, которые, вращаясь, тянули бы летательную машину вперед по воздуху» (В.В.Гончаренко, 1986).

**5) Аналогия Джироламо (Джероламо) Кардано.** Мысль о применении так называемого карданного привода (карданного шарнира, карданной подвески) в различных повозках-экипажах возникла у Кардано (1550) по аналогии с применением похожего механизма для установки компаса на кораблях. Указанная подвеска приспособлялась к экипажному сиденью таким образом, что сидящий на нем человек при любых наклонах экипажа оставался в вертикальном положении. В 1882 году карданная передача была использована Самуэлем Миллером на велосипеде. Ю.А.Долматовский в книге «Автомобиль за 100 лет» (1986) пишет о карданном шарнире, который впоследствии нашел широкое применение в паровых машинах: «Шарниры обеспечивали передачу вращения от закрепленной на раме паровой машины к оси, колеблющейся на рессорах (карданный шарнир, названный по имени его изобретателя итальянца Джероламо Кардано (XVI), заимствован им от устройства для установки компаса на кораблях: корабль качается на волнах, а компас остается в одном – горизонтальном - положении)» (Ю.А.Долматовский, 1986). С.Г.Гиндикин в книге «Рассказы о физиках и математиках» (2006) повествует: «Когда в 1541 г. император Карл V триумфально вошел в завоеванный Милан, ректор коллегии врачей Кардано шел рядом с балдахином. В ответ на оказанную честь он предложил снабдить королевский экипаж подвеской из двух валов, качение которых не выведет карету из горизонтального положения (в империи Карла V дороги были дальние и плохие). Ныне такая система подвески называется карданом (карданный подвес, карданный вал, карданное сочленение) и применяется в автомобилях. Справедливость требует отметить, что... по крайней мере, в «Атлантическом кодексе» Леонардо да Винчи имеется рисунок судового компаса с карданным подвесом. Такие

компасы получили распространение в первой половине XVI века, по-видимому, без влияния Кардано» (Гиндикин, 2006, с.21).

**б) Аналогия Дени Папена.** Д.Папен (1690), предшественник Д.Уатта, пришел к мысли об использовании в своей паровой машине цилиндра и поршня по аналогии с функционированием этих устройств в пороховой машине Гюйгенса. Идею о применении цилиндра и поршня в паровой машине Папену подсказал Лейбниц. Б.М.Кедров в книге «Мировая наука и Менделеев» (1983) пишет: «Как поясняет далее Энгельс, паровую машину изобрел француз Папен, но в Германии, причем немец Лейбниц подсказал Папену основную идею (применение цилиндра и поршня); после этого Сэвери и Ньюкомен изобрели подобные же машины у себя на родине, а их земляк Уатт, введя отдельный конденсатор, придал паровой машине в принципе ее современный вид» (Кедров, 1983, с.19). Об этом же говорит С.Лилли в книге «Люди, машины и история» (1970): «Еще в 1680 году Христиан Гюйгенс, один из самых видных ученых своего времени (мы уже упоминали о нем как об изобретателе хронометра), пытался создать поршневую машину, работающую от взрывной силы пороха. Эта попытка, разумеется, была обречена на неудачу, но она натолкнула другого видного ученого, Дени Папена, на мысль о создании подобной же машины, но использующей силу пара. В его рудиментарном «двигателе», построенном приблизительно в 1690 году, расширяющийся пар передвигал поршень вверх в вертикальном цилиндре, а конденсацией пара создавалось разрежение, заставлявшее поршень возвращаться обратно, вниз» (Лилли, 1970, с.117). Кроме того, идея парового двигателя была отчасти подсказана его изобретателям конструкцией поршневого водяного насоса, который был известен еще во времена античности. Принцип его работы был очень прост: при подъеме поршня вверх вода засасывалась в цилиндр через клапан в его дне. Как отмечает К.В.Рыжов, «в поршневом насосе работа, получаемая извне, расходовалась на продвижение жидкости через цилиндр насоса. Изобретатели паровой машины старались использовать ту же конструкцию, но только в обратном направлении. Цилиндр с поршнем лежит в основе всех паровых поршневых двигателей. Первые паровые машины, впрочем, были не столько двигателями, сколько паровыми насосами, используемыми для откачки воды из глубоких шахт» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Аналогия с устройством поршневого водяного насоса использовалась не только Д.Папеном (1690), но и другими изобретателями первых паровых двигателей Севери (1702) и Ньюкоменом (1711).

**7) Аналогия Базиля Бушона.** Французский изобретатель Базиль Бушон (1725) создал текстильный станок с перфолентой, которая позволяла воспроизводить заданный рисунок на ткани, по аналогии с музыкальными шкатулками, в которых дисковые перфокарты, металлические круги с отверстиями позволяли воспроизводить заданную мелодию. Аналогичный принцип действия существовал и в музыкальных органах, которыми занимался отец Б.Бушона. Павел Шубский в статье «История развития носителей информации» (журнал «Игромания», № 12/123 от 2007 г.) пишет: «Текстильных дел мастер Базиль Бушон разработал элегантный способ управления станком. Он впервые установил рулон бумаги с проделанными в нужных местах отверстиями в барабан, после чего станок смог воспроизводить заданный рисунок на ткани. Изобретение позволило создавать весьма замысловатые плетения в автоматическом режиме. Здесь нужно сделать лирическое отступление. Месье Бушон был сыном сборщика органов, эти музыкальные инструменты работают по схожему принципу. Наблюдая за работой отца, юноша придумал технологию, которая впоследствии перевернула мир. Бушон первым нашел способ сохранения команд на отдельном носителе с возможностью замены и многократного использования» (П.Шубский, 2007). В музыкальных органах XVIII века действительно имелись программные устройства, аналогичные дисковым перфокартам. Одним из таких устройств был программный деревянный барабан, изобретение которого приписывается древнегреческому механику Ктесибию. Программный барабан использовался в башенных часах, затем он перекочевал в

духовой орган, а оттуда в музыкальную шкатулку. В.Лебедев в статье «Путешествие в мир механической музыки» («Московский журнал», 2007, № 12) пишет: «Громоздкие часовые механизмы располагались на монастырских и городских башнях и не имели стрелок. Время они отмечали ударами колокола. Впоследствии количество колоколов увеличилось, так что образовался целый ансамбль колоколов – карильон. Для исполнения музыки на карильоне как нельзя лучше подошел программный барабан со штырьками, которые в нужном порядке дергали молоточки, бившие по колоколам. То были первые механические музыкальные автоматы. С течением времени программный барабан перекочевал из часов в один из древнейших музыкальных инструментов – духовой орган, где штырьки барабана заменили клавиши. Так и родилась шарманка» (В.Лебедев, 2007).

**8) Аналогия Джеймса Харгривса.** Известный изобретатель Харгривс (1764) создал свою прядильную машину, получившую широкое распространение, по аналогии с одним случайным наблюдением, к которому определенным образом причастна его дочь Дженни. «Харгривс, - пишет К.В.Рыжов, - был ткач. Пряжу для него изготовляла жена, и того, что она успевала напрясть за день, было для него недостаточно. Поэтому он много думал над тем, каким образом можно было бы ускорить работу прядильщиц. Случай пришел ему на помощь. Однажды дочь Харгривса, Дженни, нечаянно опрокинула прялку, однако колесо ее продолжало вертеться, а веретено продолжало прядь пряжу, хотя находилось в вертикальном, а не горизонтальном положении. Харгривс немедленно использовал это наблюдение и построил в 1764 году машину с восемью вертикальными веретенами и одним колесом. Машину он назвал «Дженни» по имени своей дочери» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**9) Аналогия Самуэля Кромптона.** Кромптон (1779) изобрел прядильную машину, получившую название тонкопрядильной мюль-машины, по аналогии с прядильными машинами Харгривса (1764) и Аркрайта (1769). С.Лилли в книге «Люди, машины и история» (1970) отмечает: «Кромптон после пяти лет работы закончил в 1779 году свою машину, воплотившую в себе все преимущества машин Харгривса и Аркрайта. Кромптон позаимствовал у Аркрайта валики, а у Харгривса – передвижную каретку и веретена без рогульки. В таком виде машина давала более тонкую нить, а соответствующие приспособления позволили производить пряжу в более широком ассортименте. Поскольку она объединила две прежние машины, ее стали называть тонкопрядильной мюль машиной» (Лилли, 1970, с.122).

**10) Аналогия Меттью Вайсберга.** Изобретатель Меттью Вайсберг совместно с Пикаром (1779) пришел к идее использования кривошипно-шатунного механизма в паровой машине по аналогии с применением данного механизма в токарных и строгальных станках английского изобретателя Генри Модсли и русского инженера Андрея Нартова. Кривошипно-шатунный механизм в паровой машине преобразовывал поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. М.В.Супотницкий в статье «Патенты – на пути технического прогресса» («Независимая газета», № 06 (42) от 20 июня 2001 г.), говоря о том, что патент Вайсберга и Пикара на использование кривошипного механизма в паровом двигателе мешал Джеймсу Уатту включить аналогичный механизм в собственную паровую машину, цитирует Уатта: «Истинный изобретатель кривошипного механизма был человек, создавший токарный станок. Применить его в паровой технике было также легко, как воспользоваться ножом, предназначенным для резки хлеба, для разрезания колбасы» (М.В.Супотницкий, 2001).



«В 1763-1764 годах ему пришлось чинить принадлежавший университету образец машины Ньюкомена. Уатт изготовил небольшую ее модель и принялся изучать ее действие. При этом он мог использовать некоторые приборы, принадлежавшие университету, и пользовался советами профессоров. Все это позволило ему взглянуть на проблему шире, чем смотрели на нее многие механики до него, и он смог создать гораздо более совершенную паровую машину».

К.В.Рыжов о Джеймсе Уатте

**11) Аналогия Джеймса Уатта.** Д.Уатт (1784) создал паровой молот, приводимый в движение паровым двигателем, по аналогии с гидравлическим молотом, который приводился в движение гидравлическим колесом. Э.Л.Цыганкова в книге «У истоков дизайна» (1977) отмечает: «Большие и тяжелые молоты строились в XVII веке и ранее на базе гидравлического колеса. Это были хвостовые молоты, форма которых ничем не отличалась от древнего орудия кузнеца. В 1784 г. Джеймс Уатт запатентовал паровой молот подобной же конструкции, в котором гидравлическое колесо заменялось паровым двигателем с балансиrom – еще одно свидетельство того, как прочто удерживаются в технике старые представления о форме инструмента» (Э.Л.Цыганкова, 1977).

**12) Аналогия Джеймса Уатта.** Джеймс Уатт (1788) изобрел центробежный регулятор для своей паровой машины, где он обеспечивал стабильность вращения вала и позволял регулировать число оборотов двигателя, по аналогии с центробежным регулятором ветряных мельниц, в которых он применялся для автоматической регулировки зазора между жерновами (момента сопротивления) в зависимости от скорости вращения крыльев мельницы. Леонид Черняк в статье «Будущее компьютеров и обратная связь» (журнал «Открытые системы», 18.12.2003 г.) пишет: «Наиболее значительным изобретением, вошедшим в историю обратной связи и одним из самых существенных для совершения промышленной революции, стал центробежный регулятор, предложенный Джеймсом Уаттом для ограничения скорости вращения вала паровой машины. Аналогичные, но более примитивные устройства применялись в ветряных мельницах» (Л.Черняк, 2003). В статье «Центробежный регулятор» (электронная энциклопедия «Википедия») описывается эволюция этого механизма: «Начиная с XVII века применяется для управления расстоянием и давлением между жерновами ветряных мельниц. В 1788 году Джеймс Уатт адаптировал регулятор для паровой машины, впоследствии центробежный регулятор часто именуют «регулятор Уатта» (энциклопедия «Википедия»). Об этой же аналогии Д.Уатта пишет А.А.Егоров в статье «Промышленные контроллеры: прошлое, настоящее и будущее» (журнал «Промышленные АСУ и контроллеры», 2006, № 1): «Центробежный регулятор был известен задолго до Уатта и широко применялся на ветряных мельницах для автоматической регулировки зазора между жерновами (момента сопротивления) в зависимости от ветрового напора, т.е. скорости вращения крыльев мельницы. В 1787 г. Уатт адаптировал существующий центробежный регулятор под паровую машину, создав более совершенную конструкцию, названную для отличия от прототипа регулятором Уатта. Особое место в истории техники регулятор Уатта занял благодаря тому, что именно его конструкция легла в основу теории и практики регуляторостроения, новой отрасли промышленности, повлекшей за собой формирование особой области знаний – теории автоматического управления и регулирования, составляющей основу современных технологий управления промышленными системами» (А.А.Егоров, 2006).

**13) Аналогия Джеймса Уатта.** Джеймс Уатт создал одну из оригинальных конструкций водопровода по аналогии с внешним видом скорлупы рака (А.В.Славин, «Проблема возникновения нового знания», 1979).

**14) Аналогия Джозефа Брами.** Английский изобретатель Джозеф Брама (1795) создал гидропресс по аналогии с исследованиями Б.Паскаля (1663), который был близок к тому, чтобы использовать воду для привода машин с целью увеличения действующей силы. Паскаль опытным путем подтвердил выводы Стевина, построив «машину для умножения сил», в которой тоненький столбик воды уравновешивал большой груз. Машина, естественно, подчинялась «золотому правилу механики» и, подобно рычагу, вороту, клину и бесконечному винту, давала такой же выигрыш в силе, как проигрыш в расстоянии. Таким образом, у Паскаля были все данные, в том числе и работающая модель, чтобы изобрести гидропресс, и, тем не менее, он его не изобрел. В такой машине, видимо, не ощущалось тогда настоятельной необходимости, которая, появившись, движет вперед науку и технику быстрее, чем «дюжина университетов». Иначе невозможно объяснить, почему прошло еще целых 132 года, в течение которых ни один заводчик или инженер даже не пытался использовать столь очевидный гидростатический парадокс. Патент Джозефа Брами на гидропресс (№ 2045 за 1795 г.) явился коронным достижением его изобретательской жизни. Разительно контрастирует это патентное описание со всеми другими бумагами, когда-либо вышедшими из-под его пера. Никаких длиннот, ни намек на обычную словоохотливость. Предельная краткость, сжатость и четкость. Д.Брама мог ознакомиться с трактатом Паскаля по гидростатике (1663), через своих знакомых - кто-нибудь из ученых коллег по обществу покровительства искусствам мог ему дать работу Паскаля.

**15) Аналогия Жозефа Монгольфье.** Ж.Монгольфье пришел к идее использования водорода как весьма легкого газа в качестве наполнителя воздушного шара по аналогии с исследованиями Г.Кавендиша, который экспериментально установил, что водород в четырнадцать раз легче обычного воздуха. В.В.Гончаренко в книге «Как люди научились летать» (1986) пишет: «И тут Жозеф вспомнил, что не так давно, в 1766 году, знаменитый английский ученый Генри Кавендиш открыл очень легкий газ, который он получил при воздействии серной кислотой на железные опилки. Кавендиш назвал его «горючий воздух», ибо газ был не только в четырнадцать с половиной раз легче обычного воздуха, но и хорошо горел. Это был водород. Если водород такой легкий, то, может, он поднимет в воздух шар?» (В.В.Гончаренко, 1986).

**16) Аналогия Клода Шаппа.** Один из пионеров оптической системы сигнализации, создатель аппарата, передающего видимые изображения, Клод Шапп (1791) использовал в своем устройстве принцип синхронной работы механизмов по аналогии с синхронным способом посылки информации, используемом в однотипных гидромеханических устройствах. Эти устройства называются греческими водяными часами (клепсидрами). Клепсидры были изобретены древними александрийцами Демоклетом и Клеоксеном. В.М.Родионов в книге «Зарождение радиотехники» (1985) отмечает: «Весьма интересно отметить, что, работая над оптическими телеграфами, К.Шапп сначала хотел использовать принцип синхронной работы механизмов, т.е. пойти по тому же пути, по которому шли древнегреческие авторы проекта применения для связи водяных часов. В 1790 г. Шапп начал опыты по связи, используя одинаковые часовые механизмы с секундными стрелками» (Родионов, 1985, с.18). В.Карцев в книге «Приключения великих уравнений» (1986) указывает: «Римляне имели в древности оптический телеграф, причем они передавали буквы, которые обозначались различным сочетанием световых сигналов. Этот же принцип использовал французский изобретатель Клод Шапп, по поводу изобретения которого Конвент 12 июля 1793 года созвал специальную комиссию и принял постановление о повсеместном его употреблении» (Карцев, 1986, с.218). Другой исходной посылкой изобретения Клода

Шаппа была аналогия с процессом передачи сообщений при помощи ветряных мельниц, который он наблюдал в Голландии. Вадим Эрлихман в статье «От голубя до Интернета» (журнал «Энергия промышленного роста», 2006, № 6) указывает: «Следующий шаг сделал в 1794 году француз Клод Шапп – изобретатель оптического телеграфа. Побывав в Голландии, где издавна передавали сообщения при помощи ветряных мельниц, он построил башни с крыльями, которые при помощи рычагов фиксировались в определенных положениях по числу букв алфавита. На каждой башне помещался телеграфист, который читал сообщение и передавал его дальше. Горячим поклонником этого изобретения стал Наполеон, застроивший всю Францию телеграфными башнями» (В.Эрлихман, 2006).

**17) Аналогия Ивана Кулибина.** Русский изобретатель И.П.Кулибин создал оптический телеграф семафорного типа (1795) по аналогии с семафорным телеграфом Клода Шаппа, сконструированным в 1792 г. В этом устройстве определенные слова кодировались посредством сочетания пространственных положений штанги и крыльев. В.М.Родионов в книге «Зарождение радиотехники» (1985) констатирует: «Среди систем оптических телеграфов семафорного типа следует упомянуть телеграф И.П.Кулибина – известного русского изобретателя и искусного мастера. Над проектом этого устройства Кулибин начал работать в 1795 г. Принцип действия кулибинского телеграфа был таким же, как у телеграфа Шаппа. Однако русский изобретатель имел лишь краткие сведения о конструкции французского телеграфа...» (Родионов, 1985, с.22).

**18) Аналогия Доминика Жана Ларрея.** Известный французский врач Доминик Жан Ларрей (1792) изобрел первые экипажи скорой медицинской помощи по аналогии с «летучей артиллерией», которую он впервые увидел, когда служил хирургом в Рейнской армии Наполеона. Историк медицины М.С.Шойфет в книге «100 великих врачей» (2006) пишет о данном изобретении Ларрея: «К этой идее он пришел в то время, когда в 1792 году служил хирургом Рейнской армии. Там на него произвело неизгладимое впечатление стратегическая новинка – «летучая артиллерия», и он по аналогии решил создать «летучую медицинскую помощь». План был таков: легкие двухколесные экипажи, запряженные лошадьми, следуют за наступающими войсками, а специально обученный фельдшерский персонал поднимает и укладывает в эти повозки раненых, чтобы незамедлительно доставить их в полевой госпиталь» (Шойфет, 2006, с.177).

**19) Аналогия Генри Модсли.** Г.Модсли (1798) изобрел суппорт для металлорежущих станков по аналогии с суппортом Яна Фербрюгена и его сына Питера Фербрюгена для машины, позволяющей сверлить стволы артиллерийских орудий. Ф.Н.Загорский и И.М.Загорская в книге «Генри Модсли» (1981) пишут: «Оказывается, в 1770 г. в арсенале Вулвича голландцем Яном Фербрюгеном и его сыном Питером была установлена машина для сверления стволов артиллерийских орудий, имевшая механизированный суппорт. Фербрюген был связан со швейцарской «школой» пушечных мастеров. Известен рисунок машины, сделанной в 1780 г. Питером Фербрюгеном, а ее уменьшенная модель хранится в Кенсингтонском музее истории науки и техники. Несомненно, что любознательный Модсли был знаком с устройством машины Фербрюгена, которая работала в арсенале до 1842 г.» (Ф.Н.Загорский, И.М.Загорская, 1981). В другом месте той же книги авторы вновь обращаются к положению о том, что суппорт Фербрюгена послужил образцом для суппорта Модсли: «В своей деятельности Модсли, как уже было сказано, опирался на результаты, полученные предшественниками (о машине голландцев Фербрюгенов для сверления каналов стволов артиллерийских орудий рассказывалось выше). Много почерпнул он из «Энциклопедии», издававшейся во Франции во второй половине XVIII в. Дидро и Даламбером, в которой имелись ценные технические статьи, в том числе о металлорежущих станках» (Ф.Н.Загорский, И.М.Загорская, 1981). Поясним, что суппорт – это устройство для

закрепления, приближения и направления движения режущего инструмента к обрабатываемой детали.

**20) Аналогия Ричарда Тревитика.** Английский изобретатель Р.Тревитик (1803) пришел к идее паровоза, движущегося по рельсам, по аналогии с конными телегами, перевозившими грузы на рельсовых чугунных дорогах, которые принадлежали богатому владельцу железодобывающих заводов Самуэлю Гемфри. П.Забаринский в книге «Стефенсон» (1937) указывает: «После нескольких предварительных опытов Тревитику впервые пришла мысль заняться изобретением парового экипажа для движения по рельсам. Поводом к этому послужило следующее вполне истинное и не лишенное юмора обстоятельство. Около 1803 года Тревитик познакомился и завязал деловые отношения с неким Самуэлем Гемфри, богатым владельцем железодобывающих заводов в Пенидарене. Здесь широко применялись для перевозки грузов рельсовые чугунные дороги. На этих дорогах употреблялась конная тяга, не допускавшая значительного увеличения перевозок. Тревитику, живо интересовавшемуся всякой технической проблемой, пришла идея соорудить паровой самодвижущийся экипаж, поставить его на рельсы и заставить его перевозить груженные вагонетки. Так родилась идея паровоза» (П.Забаринский, 1937).



«Как за несколько веков до этого по пути, открытому Колумбом, устремились тысячи мореплавателей, колонизаторов, искателей наживы и приключений, так и по пути, указанному Стефенсоном, устремились изобретатели, инженеры, предприниматели-капиталисты. Он встречал теперь подражателей и даже конкурентов в лице тех, кто еще недавно были убежденными противниками его идеи».

П.Забаринский о Д.Стефенсоне

**21) Аналогия Джорджа Стефенсона.** Изобретатель паровоза Д.Стефенсон (1813) независимо от Р.Тревитика пришел к идее рельсового полотна для движения паровоза по аналогии с рельсовыми путями, которые использовались в шахтах для откатки угля. П.Забаринский в электронной версии книги «Стефенсон», которая впервые была опубликована в 1937 году, пишет о том, что Д.Стефенсон наблюдал рельсовые пути еще в детстве: «Еще в раннем детстве Джордж мог видеть рельсовую дорогу, проходившую возле лачуги его отца. На толстые поперечные доски были положены два параллельных ряда деревянных брусьев. Вдоль каждого бруса укреплялись металлические полосы, по которым катились вагонетки. Чтобы колеса не съезжали в сторону, полосы имели выступы-закраины, которые направляли движение вагонетки. Эта дорога принадлежала мистеру Блакетту, владельцу богатейших угольных копей в окрестностях Ньюкэстля, и считалась старейшей на всем севере Англии» (П.Забаринский, 1937). Д.Стефенсон опирался также на аналогию с рельсовыми путями, по которым двигались несовершенные, часто выходившие из строя угольные паровозы Блакетта – владельца Вайламских копей. «Вайламские паровозы, - пишет П.Забаринский, - были на языке у всех местных жителей. Смотреть на них приходили рабочие самых отдаленных шахт. О диковинных машинах рассказывали самые невероятные небылицы. Одни считали эту затею просто глупой и разорительной, другие находили ее вредной, даже преступной, третьи считали весьма опасной, и только немногие видели в ней какой-то практический смысл. Стефенсон, отзывчивый на всякое техническое новшество, не мог, разумеется, не заинтересоваться выдумкой Блакетта. Он не раз приходил в Вайлам, присутствовал при испытании паровозов, рассматривал их устройство, делился своими впечатлениями» (П.Забаринский, 1937).

**22) Аналогия Джорджа Стефенсона.** Д.Стефенсон пришел к идее безопасной рудничной лампы, в которой пламя помещалось в металлическую трубку, позволявшую горнякам освещать путь и не опасаться внезапных взрывов подземного газа, по аналогии с длинными трубами паровых машин и насосов. П.Забаринский в книге «Стефенсон» (1937) воспроизводит ход рассуждений Стефенсона: «Если, рассуждал он, поместить пламя свечи или лампы в достаточно длинную трубку, то газ, проникающий снизу вместе с воздухом, успеет сгореть, пока дойдет до верхнего края трубки. Ведь яркое пламя, пылающее под котлом «огненных» насосов и паровых машин, не выбирается наружу, а при достаточно высокой трубе редко вылетают даже отдельные искры. Частицы угля успевают сгореть или погаснуть прежде, чем тяга увлечет их до выхода из трубы. То же самое можно попытаться осуществить и с рудничной лампой: достаточно изолировать надлежащим образом пламя от воздуха, содержащего опасную примесь» (П.Забаринский, 1937). Независимо от Стефенсона аналогичную рудничную лампу изобрел великий химик Гемфри Дэви, которому досталась практически вся слава создания эффективного способа спасения человеческих жизней. «Тем не менее, - указывает П.Забаринский, - слава этого важнейшего изобретения, создавшего целую эпоху в развитии техники горного дела, спасшего тысячи людских жизней, принесшего новые выгоды предпринимателям, досталась Дэви. Биограф знаменитого ученого Парис с возмущением писал о притязаниях Стефенсона: «Нельзя поверить, чтобы изобретение столь высокого научного значения, могущее возникнуть только в сокровищнице подлинной науки, осмелились приписывать какому-то машинисту из Киллингворта по имени Стефенсон – личности, не владеющей даже самыми элементарными познаниями в области химии» (П.Забаринский, 1937).

**23) Аналогия Х.Вольке, В.Судра, Ч.Уитстона., Е.Ромерсгаузена.** Х.Вольке (1795), В.Судра (1828), Ч.Уитстон (1831), Е.Ромерсгаузен (1838) предложили разные варианты устройства для передачи звуков на расстояние по аналогии с детской игрушкой, созданной современником Ньютона Робертом Гуком (1667). С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982) пишет об идеях и проектах указанных ученых: «В сущности, перечисленные предложения представляли собой попытки превратить в практически пригодное средство связи так называемый «шнурковый телефон» - детскую игрушку, изобретенную Р.Гуком еще в 1667 г.» (С.В.Шухардин, 1982, с.298).

**24) Аналогия Марка Брюннеля (Брюнеля).** М.Брюннель (1814) изобрел машину для рытья туннелей по аналогии с принципом бурения отверстий, который использует морской моллюск-древоточец. А.К.Сухотин в книге «Парадоксы науки» (1980) указывает: «По «патентам» природы была создана М.Брюннелем машина для рытья туннелей. Она воспроизводила движения корабельного древоточца. Это небольшой червь, покрытый твердой цилиндрической пластинкой» (А.К.Сухотин, 1980). Об этом же говорит В.Пикуль в статье «Предвестники московского метро» (журнал «Метро», 1995, № 3-4): «В основе подземного проекта оказалось замечательное изобретение – тоннелепроходческий щит, ставший впоследствии наиболее эффективным средством метростроения не только в России и Англии, но и во всем мире. Идея щита у Брюнеля возникла при наблюдении за морским моллюском – древоточцем, пробуравивавшим своей раковиной отверстия в обломках затонувшего корабля» (В.Пикуль, 1995). Упоминание об этой аналогии имеется также в книге И.И.Лапшина «Философия изобретения и изобретение в философии» (Москва, «Республика», 1999).

|  |   |
|--|---|
|  | «В наши дни даже трудно представить, что широко используемый в медицине метод исследования внутренних органов, аускультация, которым сегодня пользуется каждый врач-терапевт, мог долго не признаваться и не использоваться, потому что Французская медицинская |
|--|---|



академия не приняла предложение Лаэннека. Ему пришлось выдержать тяжелую борьбу и вести страстную полемику с его бывшим учителем...».

М.С.Шойфет о Рене Лаэннеке

**25) Аналогия Рене Лаэннека.** Французский анатом Р.Лаэннек (1816) изобрел стетоскоп по аналогии с листом бумаги, скрученным в трубочку, с помощью которого он выслушивал тоны сердца одной из своих пациенток. Историк медицины М.С.Шойфет в книге «100 великих врачей» (2006) пишет о Лаэннеке: «...Стетоскоп он создал по причине своей галантности. Когда его пригласили в один высокопоставленный дом осмотреть молодую графиню, то, так как она была страшно стеснительной, он решил послушать тоны ее сердца, не прикладывая непосредственно к груди ухо, а посредством скрученного в трубочку листа бумаги» (Шойфет, 2006, с.212). Другой исходной посылкой изобретения стетоскопа была аналогия с неожиданным наблюдением за тем, как дети играли вокруг бревен строительного леса. Т.С.Сорокина в книге «История медицины» (2005) указывает: «Решение, которое так долго искал Лаэннек, пришло неожиданно. В 1816 г., возвращаясь из клиники через парк Лувра, он обратил внимание на шумную ватагу ребят, игравших вокруг бревен строительного леса. Одни дети прикладывали ухо к концу бревна, а другие с большим энтузиазмом колотили палкой по противоположному его концу: звук, усиливаясь, шел внутри дерева. Лаэннек увидел решение проблемы. Поводом для первого применения метода посредственной аускультации при помощи бумажного стетоскопа послужила полнота 19-летней девушки» (Сорокина, 2005, с.398). Об этом же пишет А.К.Сухотин в книге «Парадоксы науки» (1980): «Как-то Р.Лаэннек проходил двор Лувра и обратил внимание на игру, которая занимала ребятшек. Один мальчуган царапал булавкой по торцу бревна, а другой, приложив ухо к противоположному торцу, слушал. Здесь и родилась мысль о стетоскопе, описание которого было дано в 1819 году в «Трактате о косвенной аускультации» (выслушивании)» (А.К.Сухотин, 1980).

**26) Аналогия Чарлза Бэббиджа.** Известный английский математик и изобретатель Чарлз Бэббидж (1822) использовал десятичные счетные колеса в своей специальной вычислительной машине, предназначенной для составления логарифмических таблиц и получившей название разностной машины, по аналогии с десятичными счетными колесами, имевшимися в вычислительной машине Блеза Паскаля (1645), позволявшей автоматически выполнять четыре основных арифметических действия. Как пишет К.В.Рыжов, «в разностной машине Бэббиджа применялись те же десятичные счетные колеса, что и у Паскаля. Для изображения числа использовались регистры, состоящие из набора таких колес» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Толчком для работы Ч.Бэббиджа над конструированием вычислительной машины послужило стремление автоматизировать работу с таблицами логарифмов. Р.С.Гутер и Ю.Л.Полунов в книге «От абака до компьютера» (1981) отмечают: «В автобиографической книге «Страницы жизни философа» (1864) Бэббидж пишет: «...Однажды вечером я сидел в одной из комнат Аналитического общества в Кембридже, подремывая над открытой таблицей логарифмов, которая лежала передо мной. Один из членов общества вошел в комнату и, видя, что я почти сплю, воскликнул: «О чем ты мечтаешь, Бэббидж?» - на что я ответил: «Я думаю, что все эти таблицы могли бы быть вычислены с помощью машины... Это событие, должно быть, произошло в 1812-м или 1813 году...» (Гутер, Полунов, 1981, с.113).

**27) Аналогия Чарлза Бэббиджа.** Ч.Бэббидж (1834) предложил использовать в своей аналитической машине перфокарты, с помощью которых в машину должны были вводиться

инструкции, по аналогии с перфокартами, применявшимися в ткацком станке Жаккара. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) пишет о творчестве Бэббиджа: «Идея перфокарт была заимствована из революционного тогда ткацкого станка Жаккара, который использовал карты с отверстиями, чтобы автоматически контролировать нити, проходящие над или под движущимся челноком. Бэббидж использовал карты с отверстиями для быстрого ввода команд. К сожалению, он так и не достиг конечной цели в природе современного компьютера» (Частиков, 2002, с.41). Именно в связи с этой аналогией, которую использовал Бэббидж, дочь поэта лорда Байрона графиня Лавлейс писала о машине Бэббиджа: «Мы можем с большой уверенностью сказать, что аналитическая машина плела алгебраические модели точно так же, как и ткацкий станок Жаккара ткал цветы и листья» (там же, с.42). Об этой же аналогии пишут Р.С.Гутер и Ю.Л.Полунов в книге «От абака до компьютера» (1981): «Для управления машиной Бэббидж предложил применить механизм, аналогичный механизму ткацкого станка Жаккара» (Гутер, Полунов, 1981, с.138). «Таким образом, - поясняют, - Р.С.Гутер и Ю.Л.Полунов, - с помощью жаккардовских карт, прообраза современных перфокарт, Бэббидж предполагал осуществить автоматическое управление процессом механических вычислений. Он предполагал также с помощью карт осуществлять ввод числовой информации в машину...» (там же, с.139).

**28) Аналогия Павла Шиллинга.** Павел Львович Шиллинг (1832) изобрел первый электромагнитный телеграф по аналогии с четырьмя другими изобретениями, которые он синтезировал в своем устройстве: 1) мультипликатором с демпфером, 2) астатической парой стрелок, 3) клавишным передающим устройством, 4) вызывным механизмом. Мультипликатор изобрел Иоганн Швейггер, астатическую пару стрелок – Анри Ампер, клавишное передающее устройство – Франциско де Сальва и Томас Земмеринг, вызывной механизм – Томас Земмеринг. В.М.Родионов в книге «Зарождение радиотехники» (1985) пишет: «В телеграфах Шиллинга использовались уже известные в науке и технике мультипликаторы с демпфером и астатической парой стрелок, клавишное передающее устройство, прообраз которого был применен де Сальвой и Земмерингом, и вызывной механизм (принцип которого был разработан Земмерингом в 1811 г.). И тем не менее, телеграф Шиллинга благодаря научному синтезу всех составляющих его элементов и использованных принципов стал совершенно новым техническим устройством, вполне пригодным для практического решения проблем дальней связи» (Родионов, 1985, с.43). О том, что мультипликатор изобрел Швейггер, не подлежит сомнению. «После опубликования работ Эрстеда, - отмечает В.М.Родионов, - немецкий физик, профессор Галльского университета И.Швейггер предложил физический прибор – чувствительный индикатор электрического тока, так называемый «мультипликатор» - соленоид с помещенной внутри него магнитной стрелкой. При протекании через мультипликатор даже слабого тока магнитная стрелка отклоняется» (там же, с.33). В другом месте своей книги В.М.Родионов вновь говорит о мультипликаторе: «Как уже упоминалось, в качестве основного элемента своих телеграфов Шиллинг взял мультипликатор, а точнее, его более чувствительную модификацию с астатическими стрелками» (там же, с.43).

**29) Аналогия Карла Андреевича Шильдера.** Русский инженер Карл Шильдер (1834) создал первый в мире перископ, являющийся важным элементом подводных лодок, по аналогии с горизонтоскопом М.В.Ломоносова, с помощью которого можно было наблюдать за отдаленными предметами, находясь ниже поверхности земли. Горизонтоскоп М.В.Ломоносова представлял собой медную трубу с двумя коленами по краям, направленными в разные стороны. В колена под углом 45° к оси трубы вставлялись два зеркала. Световые лучи отражались от верхнего зеркала и направлялись по трубе вниз, а затем от нижнего зеркала попадали в глаз наблюдателя. К.Шильдер догадался применить горизонтоскоп в подводной лодке. С.Константинова в статье «Подводная эпопея» (журнал «Изобретатель и рационализатор», № 5 (665), 2005 г.) описывает подводную лодку

конструкции Шильдера, в которой использовался перископ: «Каждый гребок приводился в действие матросами. Конструкция привода позволяла, изменяя угол качания гребков, не только обеспечивать прямолинейное движение лодки, но и всплытие или погружение. Нововведением стала «оптическая труба» - прообраз современного перископа, которую Шильдер сконструировал, используя идею «горизонтоскопа» М.В.Ломоносова» (С.Константинова, 2005). Об этой же аналогии Шильдера пишет Валентин Парамонов в статье «Забытые страницы подводного флота» (газета «Большая Волга», № 31 (10579) от 6 сентября 2002 г.): «Конструкция привода позволяла, изменяя угол качания гребков, не только обеспечивать прямолинейное движение лодки, но и ее всплытие или погружение. Нововведением была «оптическая труба» - прообраз современного перископа, которую, кстати, Шильдер сконструировал, используя идею «горизонтоскопа» М.Ломоносова» (В.Парамонов, 2002).

**30) Аналогия Сэмюеля Кольта.** Американский изобретатель Сэмюель Кольт пришел к идее барабанного механизма, повысившего скорострельность револьвера, по аналогии с двумя механизмами, которые он наблюдал, находясь на грузовом корабле. Первое устройство, которое привлекло внимание Кольта – это рулевое колесо (штурвал), в котором одна из рукояток попадает в захватную муфту, и штурвал фиксируется. Второе устройство, сыгравшее роль подсказки – кабестан, то есть механизм, с помощью которого выбирают якорный канат. Об этой аналогии Кольта пишут многие авторы. Г.Нечаев в статье «Кольт: человек и револьвер» (газета «Новые известия», 20 июля 2004 г.) отмечает: «Что касается самого изобретения, то идея барабанного механизма пришла к Кольту, по собственному утверждению, в бытность его юнгой на грузовом корабле, совершавшем рейсы в Индию. Принцип действия устройства он подсмотрел, наблюдая за кабестаном – механизмом, с помощью которого выбирают якорный канат. Пробивало себе дорогу новое изобретение нелегко: поначалу некоторые американские генералы утверждали, что револьвер не экономичен – «стреляет слишком быстро, патронов не напасешься» (Г.Нечаев, 2004). Д.Шестаков в статье «Оружейные легенды. Сэмюель Кольт» (журнал «Охранная деятельность», 19 июля 2008 г.) пишет: «Работая на бриге Согво, юный Сэмюель обратил внимание на то, что после поворота рулевого колеса одна из его рукояток попадает в захватную муфту, и штурвал фиксируется. Используя аналогичный механизм при попытке создать собственный пистолет, Кольт разработал оригинальную конструкцию револьвера» (Д.Шестаков, 2008). В.Гаков в статье «Самопальная Америка» (журнал «Деньги», № 12 (367) от 03.04.2002 г.) повествует: «Сэмюел Кольт родился в 1814 году. После окончания школы будущий создатель легендарного револьвера поступил матросом на торговое судно. Идея заменить ружейный замок вращающимся барабаном пришла Сэму в голову, когда он наблюдал за работой кабестана – механизма для выбирания якорных или швартовых канатов. Там же, на борту корабля, Кольт соорудил деревянный прототип барабана для патронов – главной детали всех револьверов, пригодной, впрочем, и для длинноствольного оружия» (В.Гаков, 2002).

**31) Аналогия Фокса Талбота.** Фокс Талбот (1839) изобрел фотографию, воспользовавшись аналогией и осуществив синтез нескольких фактов, установленных его предшественниками и им самим: 1) факт высокой чувствительности нитрата серебра к действию света, его способности сохранять изображение под влиянием световых лучей (И.Шульц, 1727), 2) факт способности серноватисто-кислого натра закреплять (фиксировать) фотографическое изображение на продолжительное время (Д.Гершель, 1819), 3) факт способности галловой кислоты ускорять проявление изображения на фотобумаге (Д.Рид, 1837), 4) факт возможности получать изображение предметов с помощью так называемой камеры-обскуры (Ж.Ньепс, 1816). Независимо от Ф.Талбота фотографический способ получения изображений был изобретен Ж.Ньепсом (1824) и Л.Дагером (1829). В отличие от изобретения Ф.Талбота фотография Ж.Ньепса была основана на том, что горная смола под действием света способна

изменять некоторые свои свойства. «Например, на свету, - отмечает К.В.Рыжов, - она переставала растворяться в некоторых жидкостях, в которых растворялась в темноте. Покрыв слоем горной смолы медную пластинку, Ньепс вставлял ее в камеру-обскуру и помещал в фокус увеличительного стекла. После довольно продолжительного действия света пластину вынимали и погружали в смесь нефти с лавандовым маслом. На местах, содержащих действие света, горная смола оставалась нетронутой, а на остальных она растворялась в смеси» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Можно сказать, что Ж.Ньепс (1816) пришел к идее использования темного ящика с очень маленьким отверстием и линзой на одной стороне для проекции фотографического изображения по аналогии с давним использованием камеры обскуры для наблюдения различных оптических эффектов. «В продолжение столетий, - говорит К.В.Рыжов, - эффекты, наблюдаемые в камере-обскуре, восхищали любителей природы. В 1550 году Кардано устроил в Нюрнберге камеру с большим отверстием, в котором находилась линза. Таким образом он получил более яркое и более четкое изображение. Это было важное усовершенствование, поскольку линза хорошо собирала лучи и значительно улучшала наблюдаемый эффект» (там же).

**32) Аналогия Бориса Якоби.** Борис Якоби разработал метод синхронизации механизмов в электромагнитном телеграфе по аналогии с принципом синхронной работы механизмов, действующим в оптическом телеграфе Клода Шаппа.

**33) Аналогия Бориса Якоби.** Б.Якоби (1837) пришел к идее о возможности гальванического печатания гравюр на меди (гальванопластике) по аналогии с обнаруженным им явлением отложения меди на медном электроде гальванического элемента. Наблюдая в одном из своих экспериментов, как медь на медном электроде его медно-цинковой электрической батареи осаждалась в виде пластин так, что на пластинах воспроизводились все контуры и линии поверхности электрода, Якоби по аналогии решил, что это явление можно использовать для гальванического снятия снимков с металлических изображений. В 1837 году Якоби взял в качестве отрицательного электрода батареи медную дощечку с записью своего имени и через несколько суток обнаружил на листах выделившейся меди ясный отпечаток своего имени. Этот факт окончательно убедил его в возможности гальванического получения гравюр на металле (Я.В.Яроцкий, «Борис Якоби», Москва, «Наука», 1988).

**34) Аналогия Бориса Якоби.** Б.Якоби (1843) сконструировал устройство для телеграфирования звуками, которое он назвал «шепчущим телеграфом», по аналогии с исследованиями американского физика Ч.Г.Пейджа. С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982) указывает: «...Для акустического приема телеграфных сигналов потребовался прибор менее инерционный, чем звонок. Такой прибор возник после открытия американского физика Ч.Г.Пейджа, который в 1837 г. обнаружил явление, названное им «гальванической музыкой»: в электрической цепи, состоявшей из камертона, электромагнита и гальванических элементов, при колебаниях камертона, размыкавших и замыкавших цепь, электромагнит издавал поющий звук. Б.С.Якоби воспользовался открытием Ч.Г.Пейджа и в 1843 г. сконструировал устройство для телеграфирования звуками, которое назвал «шепчущим телеграфом» (Шухардин, 1982, с.298).

**35) Аналогия Вернера Сименса.** В.Сименс создал телеграф с синхронной работой передающего и приемного устройств по аналогии с телеграфным аппаратом Б.Якоби, в котором данные устройства также работали синхронно. Д.Шарле и Б.Хасапов в статье «Вернер Сименс: начало пути выдающегося изобретателя и промышленника» (журнал «Connect!», 2004, январь) пишут: «Конструкция для синхронной работы передающего и приемного устройств, которую решил использовать Сименс, была разработана российским ученым Б.С.Якоби. С современной точки зрения, она была неперспективной, правда нашла широкое применение в телефонировании. Надо сказать, что знакомство Сименса с

конструкцией Якоби произошло любопытным образом. Вот что написал по этому поводу русский ученый: «Я посетил моих давнишних друзей в Берлине. Одному из них показал эскиз моего нового аппарата, объяснил действие прибора и просил никому не рассказывать об этом до тех пор, пока сам издам его описание. В момент моего ухода вошел господин Сименс, который тогда носил еще форму прусского артиллерийского офицера и который, насколько мне известно, не занимался телеграфами... Мой рисунок оставался на столе. Я передаю лишь факт, не обвиняя никого в плагиате. Известно, что телеграф с синхронным движением составил славу и богатство г.Сименса» (Д.Шарле, Б.Хасапов, 2004).

**36) Аналогия Э.Хау.** Э.Хау (1845) разработал удачную модель швейной машинки, когда по аналогии перенес в нее челночный механизм, продергивающий дополнительную нить, заимствованный из ткацких станков. А.А.Ивин в книге «Логика» (1998) пишет об изобретателе швейной машины Э.Хау: «Первая идея Э.Хау, изобретателя швейной машины, состояла в совмещении острия и ушка на одном конце иглы. Как возникла эта идея – неизвестно. Но главное его достижение было в том, что по аналогии с челноком, используемым в ткацких станках, он изготовил шпульку, которая продергивала дополнительную нить через петли, сделанные игольным ушком, и таким образом родился машинный шов» (Ивин, 1998, с.159). Об этом же пишет А.К.Сухотин в книге «Парадоксы науки» (1980), именуя изобретателя Хау как Гау: «Э.Гау же подошел к задаче как дилетант. Он начисто «забыл», как вообще шьют. Изобретатель решил, что ручной шов не годится, и остановился на операциях, которые совершает... ткацкий челнок. Челнок к шитью? Это выглядело, по меньшей мере, чудачеством: ведь челнок не шьет. Однако Э.Гау удачно использовал действие возвратного движения, которое выполняется челноком. Так неожиданно нашла реализацию давно задуманная идея» (А.К.Сухотин, 1980).

**37) Аналогия Павла Яблочкова.** Мысль о параллельных углях – основная идея электрической свечи – возникла у П.Н.Яблочкова по аналогии с явлением, которое он однажды наблюдал. Это явление заключалось в том, что во время электролиза соли два угольных электрода, находившихся в растворе соли, случайно соприкоснулись нижними концами, и между ними возникла электрическая дуга. Яблочков наблюдал картину дуги, пока угли не догорели, а толстое стекло сосуда, в котором находился раствор соли, не треснуло. Появление яркой электрической дуги при случайном соприкосновении двух угольных электродов во время электролиза соли по аналогии натолкнуло изобретателя на идею создания электрической лампы, основанной на действии двух параллельных углей (Л.Д.Белькинд, «П.Н.Яблочков», 1962).

**38) Аналогия Сэмуэля Броуна.** Английский инженер С.Броун пришел к идее построения висячих мостов, не имеющих под собой опор, по аналогии с паутиной, легко переброшенной с одного дерева на другое, которую он однажды наблюдал. Я.А.Пономарев в книге «Психология творения» (1999) пишет: «Инженер-мостовик Броун корпел у себя на веранде над проектом моста через реку Твид. Бумага перед ним была чиста, работа не клеилась, мост не получался. Отчаявшись, Броун оставил чертежную доску и пошел освежиться в сад. Был конец лета. Цепкие, серебряные на солнце нити путались в кустах, плыли по ветру, и Броун снимал их с губ и ресниц. Стояло бабье лето, и много паутины появилось в саду. Броун прилег под кустом, но сейчас же вскочил, моргая глазами. Он увидел в небе подсказку. Он увидел в небе чертеж, ясно вычерченный серебряными линиями по голубому. Броун невольно прочел его так, как инженеры читают чертежи: маленький мост сиял в ветвях...» (Я.А.Пономарев, 1999).

**39) Аналогия Джорджа Бисселя.** Джордж Биссель (1858) высказал мысль о возможности добывания нефти при помощи буровых скважин по аналогии с тем фактом, что с помощью бурения уже много лет добывали воду из глубинных соляных источников. Догадываясь о том,

что нефть и вода находятся под землей поблизости друг от друга, Биссель решил, что ничего не мешает выкачивать из скважины нефть с помощью насосов точно так же, как это делали с водой. «...Биссель, - указывает К.В.Рыжов, - решил применить буровую технику для поиска и добычи нефти. Тогда он еще не подозревал, какой переворот в экономике совершит его идея. Проведение бурения было поручено инженеру Дрейку. В марте 1858 года близ города Тайтесвилла в Пенсильвании была вырыта глубокая открытая шахта, со дна которой приступили к бурению». «Удачный опыт Дрейка, - сообщает К.В.Рыжов, - положил начало нефтяной промышленности США. Известие об успехе его нефтяных установок быстро распространилось по всей стране» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**40) Аналогия Этьена Лемуара.** Французский изобретатель Э.Лемуар (1860) создал первый газовый двигатель внутреннего сгорания в результате целой серии аналогий, то есть путем заимствования определенных узлов и приспособлений из совокупности других изобретений. В.Пекелис в книге «Твои возможности, человек!» (1986) пишет: «В качестве примера приведем описание двигателя Лемуара, опубликованное сто лет назад: «Машина использует поршень, запатентованный Стритом; она прямого и двойного действия, как машина Лебона; зажигание в ней производится электрической искрой, как в машине Рива. Она заимствует у Сэмюэля Броуна водяное охлаждение цилиндра; она может работать на летучих углеводородах, предложенных Эрскин-Азардом; может быть, найдет у Гамбетты остроумную идею кругового распределителя» (Пекелис, 1986, с.240).

**41) Аналогия Джорджа Вестингауза.** Д.Вестингауз (1868) изобрел пневматические тормоза для поезда по аналогии с принципом действия буровой установки, которая использовалась на строительстве тоннеля в Швейцарии и приводилась в движение сжатым воздухом, передаваемым от компрессора посредством длинного шланга. А.А.Ивин в книге «Логика» (1998) пишет о В.Вестингаузе: «Вестингауз долго бился над проблемой создания тормозов, которые одновременно действовали бы по всей длине поезда. Прочитав случайно в журнале, что на строительстве тоннеля в Швейцарии буровая установка приводится в движение сжатым воздухом, передаваемым от компрессора с помощью длинного шланга, Вестингауз увидел в этом ключ к решению своей проблемы» (Ивин, 1998, с.159).

**42) Аналогия Александра Белла.** Александр Белл (1875) пришел к идее о возможности создания телефона на основе электромагнита с легким якорем по аналогии с одним случайным наблюдением, с которым он столкнулся в ходе своих экспериментов. «Летом 1875 года, - подчеркивает К.В.Рыжов, - Белл и его помощник Томас Ватсон сделали установку, состоящую из магнитов с подвижными язычками, которые приводились в действие колебаниями тока. В цепь с магнитами включались различные устройства. Ватсон и Белл находились в соседних комнатах. Ватсон передавал, а Белл принимал. Однажды, когда Ватсон нажал кнопку в конце провода, чтобы привести в действие звонок, испортился контакт, и электромагнит притянул к себе молоточек звонка. Ватсон попытался оттянуть его, вследствие чего вокруг магнита возникли колебания. Движение пружины, произведенной Ватсоном, изменило интенсивность тока и вызвало колебательные движения в пружине противоположной станции в комнате Белла, и провод передал слабый звук первого телефона. Так, совершенно случайно, Белл обнаружил, что магнит с легким якорем может быть и передатчиком и приемником сигнала. После этого осуществить передачу и воспроизведение звука с помощью электрического тока уже не представляло большого труда» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Такую же реконструкцию истории изобретения телефона дает С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982): «В июне 1875 г., экспериментируя, А.Г.Белл подобно И.Грею (но почти на год позднее) совершенно случайно из-за оплошности своего ассистента А.Ватсона обнаружил, что приемник воспроизводит звуки речи. Оказалось, что А.Ватсон исправлял приемный электромагнит, подключенный к другому приемному электромагниту, находившемуся в соседней комнате, в которой сидел

А.Белл. Таким образом, в отличие от И.Грея, предложившего для телефонирования устройство, состоявшее из жидкостного микрофона (передатчик) и приемного электромагнита, А.Белл, обнаруживший, что электромагнит с легким якорем может служить и передатчиком, первоначально предложил систему, состоявшую из двух электромагнитов» (Шухардин, 1982, с.301). Что касается И.Грея, то он изобрел телефон раньше, но промедлил с оформлением патента и таким образом уступил первенство А.Беллу. С.В.Шухардин пишет о И.Грее: «Телеграфная компания «Вестерн Юнион» обещала огромное вознаграждение лицу, которое сумеет разрешить практическую проблему многократного частотного телеграфирования. Первым обнаружил способность гармонического телеграфа воспроизводить переданные звуки с сохранением тембра американский физик Илайма Грей. О своем открытии он сообщил в печати в августе 1874 г., но закончил разработку изобретения и подал патентную заявку лишь полтора года спустя, 14 февраля 1876 г....» (Шухардин, 1982, с.301).



«Жизнь Эдисона – яркий пример всепоглощающей страсти к одной из интереснейших областей человеческой деятельности – изобретательству. Увлеченный проверкой какой-то технической идеи, он мог работать по несколько суток без сна и отдыха, а когда сил уже совсем не оставалось, засыпал тут же, в лаборатории, завернувшись в плащ и подложив под голову стопку книг».

С.Транковский о Томасе Эдисоне

**43) Аналогия Томаса Эдисона.** Томас Эдисон (1877) пришел к идее о возможности изобретения фонографа – прибора, способного записывать и воспроизводить звук, - по аналогии со своими экспериментами, связанными с автоматической передачей азбуки Морзе на другую электрическую цепь. В книге Ю.В.Ходакова «Как рождаются научные открытия» (1964) приводятся слова Эдисона: «Я случайно напал на открытие, - пишет Эдисон, - проделывая опыты с совершенно другой целью. Я был занят прибором, который автоматически передавал азбуку Морзе на другую цепь, причем лента с оттисками букв проходила через валик под трассирующей шпилькой. Пуская в ход этот прибор, я заметил, что при быстром вращении валика, по которому проходила лента с оттисками, слышался жужжащий ритмический звук» (Ю.В.Ходаков, 1964). Другой исходной посылкой была аналогия со свойством телеграфного аппарата, передававшего новости на Нью-Йоркской бирже. Когда аппарат начинал работать, плечо специального рычажка выбрировало и издавало звуки, похожие на визг дикого животного. Александр Неверов в статье «Охотник за голосами» (журнал «Итоги», 2008, апрель) отмечает: «Изобретение американцем Томасом Эдисоном фонографа было в какой-то степени случайностью. Мысль о механическом воспроизведении звука впервые появилась у изобретателя 24 сентября 1869 года, когда он присутствовал на Нью-Йоркской бирже и наблюдал за телеграфным аппаратом, передававшим новости. Когда аппарат запускали, плечо специального рычажка начинало вибрировать и издавать звуки, похожие на визг дикого животного. Эдисон тут же сообразил, что это «животное» можно приручить и заставить говорить по-человечески. Подумав, он решил прикрепить плечо рычага к диафрагме, в результате чего должны были возникать звуковые волны разной частоты. Однако проект казался ему несерьезным, и он несколько раз откладывал его осуществление. Так прошло восемь лет. Однажды Эдисон, отдыхая после тяжелого дня, набросал на клочке бумаги простенький карандашный чертеж. «Что это такое? – спросил Джон Круези, талантливый инженер и ближайший помощник Эдисона. Через несколько недель он преподнес коллегам придуманный им аппарат» (А.Неверов, 2008). Наконец, еще одной посылкой изобретения Эдисона была аналогия с изобретением французского ученого Шарль Кро. Е.В.Кузина и другие авторы в книге «Энциклопедия

открытий и изобретений человечества» (2006) пишет о Шарле Кро: «Именно он первым представил в Академию наук описание «палефона» - аппарата для записи и воспроизведения речи. Очень скоро в печати появилась статья, в которой подробно рассказывалось об аппарате, получившем новое название – «фонограф». На цилиндрический валик наносился воск. Далее звуковые колебания воздействовали на мембрану с иглой, входящей в воск на разную глубину, - в зависимости от силы звука. При воспроизведении записанного материала проходящая по валику игла передавала свои колебания на мембрану. К сожалению, открытию Шарля Кро общественность не придавала никакого значения» (Кузина, Ларина, Титкова, Щеглова, 2006, с.197). «Старания Шарля Кро, - пишут указанные авторы, не пропали даром. На его изобретение обратил внимание Эдисон, с легкой руки которого ученые заинтересовались этой проблемой. Уже в октябре 1877 г. ученый смог получить патент на «усовершенствование инструмента для контролирования и воспроизводства звуков». Эдисон смог значительно улучшить аппарат Шарля Кро» (там же, с.198). Об этом же пишет С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982): «Принцип обратимости звукозаписи, на котором базировалось все дальнейшее развитие этой отрасли техники, впервые сформулировал Шарль Кро в своем письме Французской Академии наук 30 апреля 1877 г. Кро ясно обосновал принцип записи звука на цилиндр (валик) и на диск для последующего воспроизведения, однако не сделал никаких шагов для практической реализации своих идей. Первый практически пригодный звукозаписывающий аппарат был построен Т.А.Эдисоном в 1877 г., тогда он получил английский патент на это изобретение» (Шухардин, 1982, с.339).

**44) Аналогия Томаса Эдисона.** Т.Эдисон применил угольный стержень в телефоне Белла, по аналогии с использованием угольного порошка в своих экспериментах по усовершенствованию многоканального телеграфа. М.Уилсон в книге «Американские ученые и изобретатели» (1975) отмечает: «Работая над многоканальным телеграфом, Эдисон обнаружил, что электропроводность угольного порошка изменяется в зависимости от изменения механического давления на него. Пойдя в атаку на телефон Белла, Эдисон, прежде всего, решил заменить передающее устройство. Белл пользовался железной мембраной, вибрирующей под действием звуковых волн. Вибрация мембраны создавала колеблющееся магнитное поле, которое, в свою очередь, индуцировало колеблющийся электрический ток. Эдисон заменил магнитную цепь угольным стержнем, расположенным непосредственно за диафрагмой» (М.Уилсон, 1975).

**45) Аналогия Густава Лавалья.** Густав Лаваль (1883) создал первую работающую паровую турбину, в которой струя пара непосредственно вращает рабочее колесо, причем это колесо вращается с очень высокой скоростью, по аналогии с гидравлической турбиной, изобретенной французским инженером Фурнейроном (1832). Как указывает К.В.Рыжов, «наряду с гидротурбинами... огромное значение для энергетики и электрификации имело изобретение и распространение паровых турбин. Принцип их действия был подобен гидравлическим, с той, однако, разницей, что гидравлическую турбину приводила во вращение струя воды, а паровую – струя разогретого пара. Точно так же, как водяная турбина представляла собой новое слово в истории водяных двигателей, паровая продемонстрировала новые возможности парового двигателя» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**46) Аналогия Юджина Дорр Фельта.** Юджин Дорр Фельт (1884) изобрел один из важных механизмов счетной машины, построенной им, по аналогии с приводом строгального станка, выполненного в виде храпового механизма. Р.С.Гутер и Ю.Л.Полунов в книге «От абака до компьютера» (1981) подчеркивают: «Первая по-настоящему более или менее пригодная многозарядная клавишная суммирующая машина была создана лишь в середине 80-х годов прошлого столетия. В 1884 году 24-летний металлист Юджин Дорр Фельт, наблюдая за работой привода строгального станка, выполненного в виде храпового механизма, пришел к

мысли о создании счетной машины, в которой аналогичный механизм играл бы главную роль» (Гутер, Полунов, 1981, с.63). Фельт также отталкивался от аналогии с двухрядной суммирующей машиной Томаса Хилла. «...Однорядные суммирующие машины, - отмечают Р.С.Гутер и Ю.Л.Полунов, - распространения в 19 веке не получили и на смену им пришли многорядные. Первая попытка создания подобной машины принадлежит американцу Томасу Хиллу и относится к 1857 году» (там же, с.62). По свидетельству указанных историков техники, «машина Фельта имела много общего с машиной Хилла. В «Комптометре», как и в машинах Хилла, над верхней крышкой было расположено несколько вертикальных рядов клавиш, укрепленных на длинных стержнях, которые проходили через крышку внутрь машины» (там же, с.64).

**47) Аналогия Германа Холлерита.** Герман Холлерит (1884) изобрел счетную машину, управляемую с помощью перфокарты, следующим образом. Как и Бэббидж, Холлерит воспользовался аналогией с принципом работы ткацкого станка Д.Жаккара (1804), в котором использовалась перфокарта. Е.В.Кузина, О.В.Ларина и Т.В.Титкова в книге «Энциклопедия открытий и изобретений человечества» (2006) отмечают: «В ткацком станке, построенном в 1820 г. и названном по имени его изобретателя Джозефа Жаккара, использовались перфокарты для управления станком. С помощью перфокарт задавался узор, который нужно было выткать. Создание ткацкого станка, управляемого картами, стало основой дальнейшего использования перфокарт. В 1889 г. американский изобретатель Герман Холлерит применил способ Жаккара для ввода данных с помощью перфокарт. Ему необходимо было построить устройство для обработки результатов переписи населения в Америке. Обработка результатов переписи 1880 г. заняла почти семь лет. Поскольку происходил рост населения, на обработку результатов следующей переписи потребовалось бы не менее 10 лет. Холлерит разработал машину с вводом перфокарт, способную автоматически формировать таблицы данных. Машина автоматически обрабатывала результаты. Вместо десяти лет результаты переписи были обработаны машиной Холлерита всего за шесть недель» (Кузина, Ларина, Титкова, Щеглова, 2006, с.27). Есть основания предполагать, что эту аналогию Холлериту подсказал Ш.Биллингс. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) констатирует: «Как раз в это время Биллингс сообщил Холлериту о своей идее создания машины с перфокартами для составления таблиц по данным переписи населения США» (Частиков, 2002, с.45). «В 1891 году, - поясняет А.Частиков, - Биллингс обратился к Американскому обществу по развитию науки: «В 1880 году я предложил, что различные статистические данные можно записывать на одной карточке путем перфорирования, а затем обрабатывать с помощью механических средств, выбирая необходимые группы перфораций. Электрические счетные машины, используемые сейчас для переписи населения, являются результатом этого предложения» (там же, с.45). Интересно, что еще Ч.Бэббидж (1834) разработал проект программно-управляемой вычислительной машины, работающей на основе перфокарт, подсказанных изобретателю устройством ткацких станков Жаккара (1804). Как указывает К.В.Рыжов, «После 30-летней настойчивой работы Жаккар изобрел механизм, позволявший автоматизировать движение петель в соответствии с заданным законом при помощи набора картонных карт с пробитыми в них отверстиями – перфокарт». «Этот же принцип управляющих перфокарт Бэббидж предполагал использовать в своей аналитической машине. Над ее устройством он работал в течение почти сорока лет: с 1834-го до конца своей жизни в 1871 году, но так и не смог ее закончить» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**48) Аналогия Карла Бенца.** Карл Бенц (1885) создал в первом бензиновом автомобиле простой механизм, позже названный сцеплением, по аналогии с широко распространенной в то время ременной передачей. Как отмечает К.В.Рыжов, «для того чтобы от большой скорости вращения перейти к умеренной, Бенц ввел на своем автомобиле простой механизм, позже известный под названием сцепления. Образцом для этого ему послужила широко распространенная в то время в производстве ременная передача. (Она была незаменима,

когда требовалось передать усилие от общего источника движения к индивидуальному). Эта передача состояла из двух колес с гладкими ободьями (их называют шкивами) и ремня, перекинутого между ними. Из этих двух колес одно является ведущим, а второе ведомым, ремень же служит для передачи движения» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**49) Аналогия Маркуса, Даймлера, Бенца, Левассора, Панара.** Такие изобретатели, как Маркус (1864), Даймлер (1883), Бенц (1885), Левассор (1896), Панар (1896) и другие, создавали первые бензиновые автомобили по аналогии с конструкцией конного экипажа, паромобиля и велосипеда. «...В автомобилестроение, - подчеркивает К.В.Рыжов, - был перенесен многолетний опыт использования других сухопутных транспортных средств: конного экипажа, паромобиля и велосипеда. Автомобиль очень многим обязан своим предшественникам...». «Так, например, - рассказывает К.В.Рыжов, - подвески, рессоры, рулевое приспособление и тормоза достались автомобилю от карет и конных экипажей. Еще в 1640 году англичанин Блаунт построил первый экипаж со стальными С-образными рессорами, а в 1804 году английский мастер Эллот изобрел так называемые эллиптические или «лежачие» рессоры. В 1818 году Акерман придумал устройство для управления экипажем. (...) Монолитные резиновые шины также впервые были установлены на каретах – их в 1847 году изобрел англичанин Хэнком». Со слов К.В.Рыжова, «колеса со спицами, легкие трубчатые рамы, шарикоподшипники и пневматические шины автомобиль получил от велосипеда» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Об этом же говорит С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982): «В автомобилях использовали элементы устройств других транспортных средств. За основу был взят обычный конный экипаж (первоначальный кузов автомобилч, рессоры и прочее), у велосипеда была заимствована цепная передача в качестве первоначального привода, шины сначала были сплошными, а с 90-х годов их стали делать пневматическими (первые пневматические шины изобретены в Англии Р.Томпсоном в 1845 г.). У паровых повозок был заимствован дифференциал (изобретен в 1828 г. французом О.Пеккером)» (Шухардин, 1982, с.243).

**50) Аналогия Шарля Жанто.** Французский изобретатель Шарль Жанто создал привод рулевого управления (рулевой привод) для вутюаретки (легкового автомобиля, двигатель которого располагался под сиденьем) по аналогии с судовым румпелем. Ю.А.Долматовский в книге «Автомобиль за 100 лет» (1986) отмечает: «Все же пришлось создать новые механизмы – привод рулевого управления (вожжи здесь не подходили) и устройство для изменения на ходу усилия, передаваемого от двигателя к колесам. Примером для рулевого привода послужил судовой румпель – поводок (остряки называли его «коровьим хвостом») или маховичок – штурвал, передвигавший вправо – влево тягу рулевой трапеции. Ее конструкцию упростил и улучшил француз Шарль Жанто (1843-1906) в 90-х годах. На вутюаретках ставили две велосипедные вилки, соединенные трапецией и поворачиваемые велосипедным же рулем с рукоятками или тем же «коровьим хвостом» (Ю.А.Долматовский, 1986).

**51) Аналогия Джона Бойда Данлопа.** Шотландский ветеринар Джон Данлоп (1887) пришел к мысли о создании резиновых шин для велосипеда, которые первоначально состояли из резинового шланга, заполненного водой, а затем превратились в шланг, заполненный воздухом, по аналогии с резиновым шлангом, который Данлоп использовал для полива цветов в своем саду. Об этой аналогии Данлопа пишут многие специалисты. Сергей Охлябинин в книге «Давайте изобретем велосипед» (Москва, «Молодая гвардия», 1981) повествует: «Мистер Данлоп по профессии был врачом. Это предполагает мягкое сердце и заботливое отношение к людям. А здесь дело касалось собственного ребенка. Сын, несмотря на тряску, не хотел бросать велосипед. А отец не хотел, чтобы его чадо тряслось и подпрыгивало. Но что делать? Как укротить опасно взбрыкивающий велосипед? Сколько раз Данлоп видел, как, наполняясь водой, набухает и начинает упруго пружинить обыкновенный садовый шланг. А что, если использовать его в качестве шины?» (С.Охлябинин, 1981). Петр

Сапожников в статье «Проверено: шины есть» (журнал «Деньги», № 44 (152) от 26.11.1997 г.) пишет: «Джону Данлопу, ветеринару из Белфаста, очень не нравилось, что его сын, катаясь на велосипеде по мостовой, набивает синяки на участке тела ниже спины. Папаша Данлоп надел на велосипедное колесо кусок толстого садового шланга, а в место склейки вставил вырезанную из шланга потоньше трубку для накачки. Результат превзошел все ожидания – комфортность езды резко возросла» (П.Сапожников, 1997).

**52) Аналогия Ф.Шаню.** Инженер-мостостроитель Ф.Шаню (1895) решил проблему продольного изгиба крыльев летательных аппаратов, построив билан с крыльями, соединенными стойками (подпорками), воспользовавшись аналогией с методом укрепления мостов. А.А.Ивин в книге «Логика» (1998) отмечает: «Пионеры воздухоплавания не могли справиться с проблемой продольного изгиба своих летательных аппаратов. В 1895 г. Ф.Шаню сделал билан с крыльями, соединенными стойками (подпорками). Конструкция была похожа на ажурный мост, и не удивительно: Шаню был инженером-мостостроителем и увидел аналогию между своим делом и проблемой укрепления крыльев аэроплана без их утяжеления» (Ивин, 1998, с.144).



«Через тысячу лет появится много тысяч лауреатов Нобелевской премии. Но это ничуть не умалит моей славы – в технической литературе с моим именем отождествляется не менее четырех дюжин изобретений. Вот поистине вечный почет, дарованный не теми, кто может ошибиться, но целым миром, который редко допускает ошибки, и за любое из этих изобретений я готов отдать все Нобелевские премии за следующую тысячу лет».

Никола Тесла

**53) Аналогия Николы Тесла.** Никола Тесла (1888) пришел к идее о возможности создать электродвигатель на основе двух или более переменных токов, сдвинутых по фазе и приводящих к вращению магнитного поля, по аналогии с эффектом, который он открыл независимо от Г.Феррариса (1885) - явлением вращающегося магнитного поля. С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982) отмечает: «Победа переменного тока началась с освоения нового физического принципа работы электродвигателей – вращающегося магнитного поля. Явление вращающегося магнитного поля было открыто в 1885 г. итальянским физиком Г.Феррарисом. Первоначально он пришел к неправильному выводу, что у электродвигателя, построенного на этом принципе, КПД не может быть выше 50%. Это ослабило его интерес к открытому явлению. Изучавший вращающееся магнитное поле югославский ученый и изобретатель Н.Тесла установил, что с помощью двух или более переменных токов, сдвинутых по фазе, можно получить вращающееся магнитное поле и создать на этом принципе электродвигатель. (...) В 1887-1887 гг. он создал схемы и модели многофазных двигателей и генераторов и в их числе двухфазные генератор и асинхронный двигатель – вполне работоспособную систему» (Шухардин, 1982, с.59). О том, что Н.Тесла самостоятельно открыл явление вращающегося магнитного поля, говорят многие специалисты, интересующиеся историей изобретений Тесла. Так, А.Голубев в статье «Повелитель молний» (сайт «Алфавит») указывает: «Получив финансовую независимость, Тесла продолжает свои исследования. В 1888 году он открывает явление вращающегося магнитного поля и строит электрогенераторы высокой и сверхвысокой частот. В 1891 году создает резонансный трансформатор, позволяющий получать высокочастотное напряжение с амплитудой до нескольких миллионов вольт» (А.Голубев, сайт «Алфавит»). С другой стороны, вращающееся магнитное поле наблюдал еще

Ф.Араго. С.Марк в книге «Никола Тесла – повелитель Вселенной» (2007) пишет: «Был ли Тесла первым, кто придумал вращающееся магнитное поле? Нет. Еще в 1824 году французский астроном Франсуа Араго экспериментировал с вращением стрелки магнита при помощи медного диска. Первое вращающееся магнитное поле, похожее на открытое Тесла в 1882 году, было создано тремя годами ранее мистером Уолтером Бэйли, который продемонстрировал принцип его действия перед Лондонским физическим обществом 28 июня 1879 года, в докладе под названием «Способ создания вращений Араго» (Марк, 2007, с.44).

**54) Аналогия Николы Тесла.** Н.Тесла пришел к идее о возможности беспроводной передачи энергии на большие расстояния, по аналогии с экспериментами У.Приса, Г.Герца и О.Лоджа, показавшими возможность распространения электромагнитных волн на значительные расстояния. С.Марк в книге «Никола Тесла – повелитель Вселенной» (2007) пишет: «Назвав в качестве примера веер и обсуждая исследования Приса, Герца и Лоджа об электромагнитных излучениях в земле и космосе, Тесла продемонстрировал «беспроводные» моторы: «Нет необходимости создавать даже малейшую связь между таким мотором и генератором, кроме, возможно, земли или разряженного воздуха. Вне всякого сомнения, что огромный потенциал светящихся рядов может передаваться на много миль в разреженном воздухе, а направляя энергию в сотни лошадиных сил, можно оперировать моторами и лампами на значительных расстояниях из стационарных источников» (Марк, 2007, с.122). «Повторив эксперименты Герца, - поясняет С.Марк, - Тесла хотел показать немецкому профессору, что его собственный осциллятор мог создавать намного более эффективную частоту для передачи беспроводных импульсов. Тесла уже вынашивал идею о передаче энергии через подходящую среду, а парадигма Герца отрицала такую возможность» (там же, с.136). Исследования Уильяма Приса были одной из доминирующих исходных посылок идеи Тесла о беспроводной трансляции энергии. С.Марк отмечает: «В начале 1880-х годов Уильям Прис – инженер Британской почтовой службы – начал проводить эксперименты с беспроводной передачей информации при помощи индукционного аппарата. Вероятно, он был первым изобретателем, который понял, что сама земля является неотъемлемым компонентом для успешного использования беспроводной системы. Определив роль земли как первичной или вторичной цепи, Прис использовал телефонные трубки в качестве чувствительных приборов и пришел к выводу, что «на обычно действующих телеграфных линиях колебания распространялись на расстояние 3000 футов, в то время как их воздействие отмечалось на параллельных линиях телеграфа, находящихся в 10-40 милях». Эксперименты Приса по обнаружению земных потоков энергии, которые повторили американские инженеры из «Вестерн Юнион», оказали значительное влияние на теории Тесла» (Марк, 2007, с.149).

**55) Аналогия Отто Лилиенталь.** Немецкий изобретатель Отто Лилиенталь (1890) пришел к мысли о создании первых легких планеров, реализующих принцип безмоторного парящего полета, по аналогии с парящим полетом аиста, который изобретатель впервые увидел на фотографиях Оттомара Аншюца. К.В.Рыжов в книге «100 великих изобретений» (2006) пишет: «Впервые внимание к парящему полету, привлекла моментальная фотография. Известный немецкий фотограф Оттомар Аншюц, о котором уже говорилось в одной из предыдущих глав, сделал серию снимков полета аиста. Говорят, эти снимки попали в 1890 году на глаза Отто Лилиенталю и подтолкнули его к мысли построить планер. Действительно, фотографии Аншюца неоспоримо свидетельствовали, что в воздухе возможен такой полет, при котором работа, необходимая для передвижения и подъема летательного аппарата, осуществляется не им самим, а воздухом. Несколько фотографий изображали парящих аистов, которых поднимал вверх порыв ветра» (К.В.Рыжов, 2006). «В то время как другие уделяли все свое внимание «моторному полету», - продолжает К.В.Рыжов, - Лилиенталь поставил перед собой другую цель – постигнуть, прежде всего, секрет безмоторного парящего полета. Вместо дорогостоящих машин он строил легкие планеры и

упорно работал над их совершенствованием. Кажется, идея планера – это первое, о чем должны были подумать авиаторы, но в действительности все было по-другому. Вплоть до 19 века изобретатели при своих попытках оторваться от земли подражали гребному полету птицы. Из-за этого упорного старания следовать природе человек сравнительно поздно освоил планирующий полет» (К.В.Рыжов, 2006).

**56) Аналогия братьев Райт.** Уилбур и Орвил Райт сумели создать первый летающий аппарат тяжелее воздуха, работающий на двигателе внутреннего сгорания, отчасти по аналогии с исследованиями Октава Шанюта, который объяснил молодым изобретателям, как следует строить планеры. Вероника Дерновая в статье «Продолжатель школы Лилиенталя» (журнал «Авиация общего назначения», апрель 2007 г.) пишет: «Шанют не делал секретов из своих опытов. В 1891-1894 годах в «Американском инженерно-железнодорожном журнале» вышла серия статей Октава Шанюта под рубрикой «Развитие летательных аппаратов». Позже статьи были объединены в отдельную книгу, которая до сих пор считается одним из самых авторитетных источников по истории американского воздухоплавания. Благодаря этим статьям два молодых американца братья Уилбур и Орвил Райт из города Дайтона, владельцы небольшой велосипедной мастерской, специально приехали к Шанюту посмотреть на его планеры. Мог ли тогда старый профессор предполагать, что перед ним стоят два будущих изобретателя аэроплана? Молодые люди внимательно и пытливо ко всему присматривались. Полеты планеров произвели на них большое впечатление. Октав Шанют сам проинструктировал братьев, как надо конструировать летающие аппараты и управлять ими. Дело кончилось тем, что братья Райт приобрели у него один из его планеров и уехали к себе в Дайтон, чтобы продолжать опыты» (В.Дерновая, 2007).



«Моя идея настолько опережает все, что создано в данной области до сих пор, что можно смело сказать – я первый в этом новом и важнейшем разделе техники на нашем маленьком земном шарике! Я иду впереди лучших умов человечества по обе стороны океана».

Рудольф Дизель

**57) Аналогия Рудольфа Дизеля.** Изобретатель двигателя внутреннего сгорания Р.Дизель (1888, 1893) пришел к идее о создании двигателя, основанного на сжатии воздуха в цилиндре и воспламенении жидкого топлива, поступающего в него, по аналогии с принципом действия зажигалки, изобретенной в 1833 году неизвестным мастером, которую Рудольф случайно увидел в музее баварского города Аугсбург. Валерий Рокотов в статье «Смерть изобретателя» (журнал «Совершенно секретно», январь 2005 г.) пишет: «Удача улыбнулась ему неожиданно. Мартовским утром 1888 года Рудольф Дизель зашел в музей баварского города Аугсбург. Он скорее укрылся от непогоды, чем заинтересовался экспонатами. Взгляд молодого изобретателя равнодушно скользил по витринам и стендам, пока его внимание не привлекла необычная вещица. Зажигалка, изготовленная неизвестным мастером в 1833 году, по виду напоминала шприц: тот же стеклянный цилиндр, поршень. За счет сжатия воздуха в цилиндре создавалась температура, необходимая для воспламенения. Этот принцип действия поразил Дизеля. Вернувшись домой, он сразу погрузился в работу над чертежами двигателя, которому суждено было обессмертить его имя» (В.Рокотов, 2005). «Случай в музее Аугсбурга, - говорит В.Рокотов о Дизеле, - он воспринял как знамение. Он осознал себя избранным. «В неустанной погоне за целью, - писал он жене, - в итоге бесконечных расчетов родилась, наконец, идея, наполнившая меня огромной радостью. Нужно вместо аммиака взять

сжатый горячий воздух, впрыснуть в него распыленное топливо и одновременно со сгоранием расширить его так, чтобы возможно большее количество тепла использовать для полезной работы» (В.Рокотов, 2005). Об этом же пишет Афанасий Конон в статье «Рудольф Дизель» («Живой журнал», 31 декабря 2006): «Работа продвигалась с трудом. Инженер нуждался в идее, которая помогла бы сдвинуть проект с места. Такая идея пришла совершенно случайно. В одном из баварских музеев Дизель увидел необычную зажигалку. Она напоминала шприц. При сжатии воздух в цилиндре разогревался до температуры, достаточной для воспламенения топлива. Этот принцип Дизель решил использовать в своей разработке» (А.Конон, 2006). Нужно отметить, что и до, и после указанной аналогии Дизель широко использовал метод проб и ошибок. Пытаясь создать эффективный двигатель, чей КПД превзошел бы на 10-12% паровую машину, изобретатель вместо сильно нагретого сжатого воздуха применял сначала аммиак, а вместо жидкого топлива использовал в различных моделях двигателя угольную пыль, светильный газ и лишь позже – продукты перегонки нефти.

**58) Аналогия Рудольфа Дизеля.** Р.Дизель использовал аммиак в первых моделях своего двигателя внутреннего сгорания по аналогии с использованием этого вещества в холодильных установках своего учителя Карла фон Линде. Аммиак применялся также в холодильных аппаратах французского инженера Фердинанда Карре. Ким Буровик в статье «Снежный король» (сайт «Асмедиа», 2004) отмечает: «В разработке холодильных систем еще в середине 19 века удачливее многих поначалу оказался француз Фердинанд Карре: он придумал остроумный способ получения искусственного холода за счет абсорбции аммиака. Не вдаваясь в технические подробности, скажем только, что это был замечательный способ, который, тем не менее, забыли лет на сорок» (К.Буровик, 2004). «В историю техники, - пишет К.Буровик о Линде, - его имя вписано, прежде всего, благодаря изобретению промышленного способа сжижения газов. По ходу дела он уже в 1876 году, 35-ти лет от роду, создал холодильную машину с компрессором, работавшим на аммиаке; она-то и пригодилась для производства льда в невиданных ранее масштабах. Холодильными машинами Линде обзавелись мясные бойни, пищевые фабрики; ими оснастили вагоны, речные и морские суда, в том числе те, что из Австралии в Европу перевозили многие тысячи тонн баранины» (К.Буровик, 2004).



«Над каждым вопросом во всех странах работает большое количество лиц. Как результат, появляется ряд назревших, но еще не вполне разработанных задач. Можно сказать, что некоторые идеи висят в воздухе. И вполне естественно, что решение многих важных задач дается не одним лицом, а почти одновременно несколькими. То же могло случиться и с радиотелеграфом».

Александр Попов об истории изобретения радио

**59) Аналогия Александра Попова.** А.Попов (1895) пришел к идее о возможности построить весьма чувствительный приемник электромагнитных волн (радио) по аналогии с экспериментами французского инженера Бранли (1890). Эксперименты Бранли были описаны в 1895 году Оливером Лоджем в одном английском научном журнале. Бранли, изучая свойства металлических порошков, установил способность металлического порошка реагировать на электромагнитные волны лучше резонатора Г.Герца (М.Уилсон, «Американские ученые и изобретатели», 1975). Используя свою находку, сам Бранли построил детектор, получивший название когерера. Это была стеклянная трубка, наполненная металлическими опилками. Примечательно, что до Бранли и Лоджа аналогичные эксперименты проводил Онести. М.Льоцци в книге «История физики» (1970) подчеркивает:

«Способность помещенного в трубку металлического порошка становиться проводящим под действием разряда находящейся рядом электростатической машины была изучена Онести (1853-1922) в 1884 г., а десять лет спустя эта способность была использована Лоджем, а затем и многими другими для индикации электромагнитных волн. Сочетая генератор Риги и индикатор Онести с гениальными идеями «антенны» и «заземления», в конце 1895 г. Гульельмо Маркони (1874-1937) успешно произвел первые практические эксперименты в области радиотелеграфии, стремительное развитие и удивительные результаты которой поистине граничат с чудом» (Льоцци, 1970, с.289). В.И.Коваленков в статье «Наш великий соотечественник» (журнал «Вестник связи. Электросвязь», 1945, № 5) цитирует А.С.Попова, который так описал истории своего изобретения: «Я только подвел итог тому, что было осуществлено до меня, и сделал из этого итога соответствующие практические выводы. Генератор электромагнитных волн Герца существовал, когерер Бранли существовал, я объединил их, прибавил ударник и антенну и получил радиотелеграфную станцию» (В.И.Коваленков, 1945). Примечательно, что В.И.Коваленков близко знал изобретателя радио. В той же статье он пишет: «Я хорошо знал Александра Степановича Попова, в последние годы его жизни бывал у него чуть ли не ежедневно. Как сейчас вижу его грузную, усталую фигуру в покойном кожаном кресле. Он только что пришел из института, сменил парадный костюм на удобный домашний и с удовольствием опустил в кресло, вытянув скрещенные ноги. В ожидании вечернего чая Александр Степанович отдыхает» (В.И.Коваленков, 1945). Об исследованиях А.С.Попова по проблеме радио говорит также С.В.Шухардин в книге «Техника в ее историческом развитии» (1982): «Изобретатель поставил перед собой две задачи, которые определили два этапа его исследований на пути к созданию радиосвязи. Первый этап определялся поисками чувствительного и наглядного индикатора электромагнитных волн. Второй этап был связан с конструктивным синтезом всех известных в то время в науке и технике компонентов для создания приемного аппарата, пригодного для беспроводной связи. Зная о работах Э.Бранли и О.Лоджа, А.С.Попов выбрал в качестве индикатора электромагнитных волн когерер. Следует, однако, отметить, что в тогдашнем виде когереры Бранли и Лоджа еще не могли быть эффективно использованы для связи» (Шухардин, 1982, с.309). Со слов С.В.Шухардина, «серия опытов позволила А.С.Попову создать к началу 1895 г. конструкцию достаточно чувствительного когерера, пригодного для лекционных демонстраций опытов Герца, а также сигнализации на расстояния, значительно превышающие размеры учебных и лекционных помещений» (там же, с.310).

**60) Аналогия Александра Попова.** А.Попов пришел к идее автоматического встряхивателя когерера Бранли, периодически восстанавливающего его свойства быть высокочувствительным индикатором электромагнитных волн, по аналогии с действием рубильника, замыкающего цепь питания обмотки реле электрического звонка при изменении сопротивления (книга «От махин до роботов», составитель – М.Н.Ишков, Москва, «Современник», 1990).

**61) Аналогия Александра Попова.** А.Попов пришел к идее об использовании антенны для увеличения дальности приема радиоволн, по аналогии с исследованиями Э.Бранли, который обнаружил, что электрическая искра, не активная на расстоянии в десяток метров, становится активной, когда распространяется через металлическую проволоку. Французский ученый Э.Бранли 16 декабря 1889 г. на заседании Французского физического общества сказал о заслугах А.Попова следующее: «Русский ученый, развил опыт, который я часто осуществлял и который я воспроизвел в 1891 г. Перед обществом электриков: искра не активная на расстоянии в десяток метров становится активной, когда ее заставляют циркулировать по длинной металлической проволоке. Отсюда – применение длинных проводников, присоединяемых к передатчику и к приемнику, без этих проводов нет телеграфии на больших расстояниях» (книга «От махин до роботов», составитель – М.Н.Ишков, Москва, «Современник», 1990).

**62) Аналогия Гульельмо Маркони.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1909 год Г.Маркони (1896) разработал генератор переменного тока, с помощью которого ему удалось послать радиосигналы через Атлантический океан, по аналогии с генераторами переменного тока, впервые изобретенными Никола Тесла для использования в различных целях, в том числе для беспроводной передачи энергии на большие расстояния. Данная аналогия Маркони представляла собой прямое заимствование (буквальное копирование). К сожалению, мы должны отметить, что эта аналогия граничила с использованием патентов Тесла на многофазную систему переменного тока без разрешения самого Тесла. С.Марк в книге «Никола Тесла – повелитель Вселенной» (2007) неоднократно указывает, что Маркони обязан был получить у Тесла разрешение на использование его патентов, связанных с передачей электромагнитных волн на большие расстояния, но не сделал этого, считая, что цель оправдывает средства. С.Марк пишет о работах Маркони в декабре 1896 года: «В декабре он обратился за патентом, который Прис считал «очень обоснованным», хотя и знал, что у юноши были предшественники в лице Тесла и Лоджа. Патент не отличался оригинальностью и не предлагал никаких новых принципов, тем не менее, Маркони по-настоящему преуспевал в мире практики, в то время как Тесла делал успехи только в своей лаборатории, усовершенствуя аппаратуру, или в царстве теории» (Марк, 2007, с.243). С.Марк указывает, что, работая совместно с Маркони и понимая, что тот начинает заимствовать принципы оборудования Тесла, англичанин Прис хотел попросить у Тесла разрешение на это, но Маркони отказался обращаться к Тесла. «После того, как Маркони, - пишет С.Марк, - отверг предложение Приса и не захотел попросить у Тесла разрешения использовать его аппарат, британский джентльмен оказался в щекотливом положении. В августе 1897 года он отправил «скупое» сообщение: «К сожалению, должен сообщить, что вынужден прекратить все эксперименты и все действия, пока не изучу условий, определяющих отношения между вашей компанией и британским правительственным департаментом, который так вас поддерживал и так много вам помогал. Но жребий был брошен, и Прис был не в силах остановить сложную форму пиратства» (Марк, 2007, с.244). С.Марк подчеркивает: «Обиженный Тесла понимал, что Маркони добился успеха благодаря использованию его катушки, осцилляторов и общей конструкции, о которой ученый говорил на своих лекциях несколько лет назад. Прис частично признал свою вину, поскольку попросил у Тесла оборудование для своей работы, но Маркони заявил, что аппарат Тесла был необязательным и неэффективным, и это вызвало размолвку между Присом и итальянским изобретателем» (там же, с.349).

**63) Аналогия Владимира Шухова.** Известный русский изобретатель В.Г.Шухов (1897) пришел к идее о создании различных башен в виде металлического сетчатого свода двойной кривизны, получившего название «гиперболоида Шухова», по аналогии с конструкцией плетеных корзин. Многие водонапорные башни были построены как раз в виде такого сетчатого гиперболоида. Елена Шухова в статье «Труды и дни инженера В.Г.Шухова» (журнал «Наше наследие», 2004) пишет: «Еще в Техническом училище на лекциях по аналитической геометрии Шухов обратил внимание на свойство однополостного гиперболоида, имеющее большую конструктивную ценность: возможность образования его криволинейной поверхности из прямолинейных образующих. С тех пор идея гиперболоида запала в его душу. «О гиперболоиде я думал давно, - рассказывал он. – Шла какая-то глубинная, видимо, подсознательная работа, но все как-то вплотную я к нему не приступал... И вот однажды прихожу раньше обычного в свой кабинет и вижу: моя ивовая корзинка для бумаг перевернута вверх дном, а на ней стоит довольно тяжелый горшок с фикусом. И так ясно встала передо мной будущая конструкция башни. Уж очень выразительно на этой корзинке было показано образование кривой поверхности из прямых прутков». Впоследствии изобретатель часто вспоминал этот эпизод и во времена Нижегородской выставки, если кто-нибудь говорил ему о необычности конструкции его водонапорной башни, направлял в

Кустарный отдел смотреть плетеные корзины» (Е.Шухова, 2004). «Наблюдение природных и рукотворных форм, требующих высокой прочности при минимальной затрате материала, - поясняет Е.Шухова, - костей скелета, древесных стволов, тех же плетеных корзин, перерабатывалось в уме инженера в точные математические образы, принимавшие в конечном итоге вид практически полезных сооружений, в конструкции которых не было ничего лишнего» (Е.Шухова, 2004). Об этой же аналогии Шухова упоминается в книге «Люди русской науки», составленной под редакцией С.И.Вавилова (1948). Авторы данной книги цитируют Шухова: «Когда меня спрашивают, откуда взялась идея гиперболоида, - говорил Владимир Григорьевич, - я советую зайти в крестьянскую избу и внимательно осмотреться». Именно плетение корзины, которых столь много в крестьянских избах, натолкнули Шухова на мысль о сетчатой, как бы плетеной из металла башне» («Люди русской науки», 1948).

**64) Аналогия Владимира Шухова.** В.Г.Шухов пришел к идее о добыче нефти путем выталкивания ее на поверхность земли сжатым воздухом, по аналогии со своими наблюдениями того, как фонтан нефти выбрасывался из земных недр силой сжатых подземных газов. Таким образом, аналогия В.Г.Шухова заключалась в том, что он заимствовал у природы механизм, которым она сама пользуется. Эта аналогия привела его к изобретению метода эрлифта. В книге «Люди русской науки» (1948) отмечается: «Одно из ранних изобретений Шухова – эрлифт. Нефть брали из фонтанирующих скважин, и когда фонтан иссякал, черпали уже желонками. Но раз фонтан выбрасывался силой сжатых подземных газов, то их можно заменить сжатым воздухом. В этом – суть эрлифта. По опущенной в скважину трубе нагнетается сжатый воздух, подхватывает нефть из глубин и гонит ее вверх. Этот способ лег в основу принципиально новой технологии добычи нефти» («Люди русской науки», 1948).

**65) Аналогия Карла фон Линде.** Немецкий изобретатель, учитель Рудольфа Дизеля Карл фон Линде (1902) пришел к мысли о разделении жидкого воздуха на составляющие его компоненты путем использования разницы температур кипения этих компонентов по аналогии с разделением других смесей на основе той же разницы температур кипения. П.Л.Капица в книге «Эксперимент, теория, практика» (1981) пишет: «С незапамятных времен человечеством были использованы процессы разгонки смесей жидкостей, основанные на разнице температур кипения компонентов. Подобный процесс, например, находит себе применение для получения спирта, даже используется в деревне при перегонке самогона. Как известно, этот процесс разгонки также широко используется в нефтяной промышленности. Линде пришла мысль применить способ разгонки к жидкому воздуху, чтобы отгнать более легко кипящий азот от кислорода. Таким путем в первых же опытах он легко получил довольно чистый кислород. Это открывало возможность получения кислорода не только гораздо более дешевым способом, чем прежний, химический, который использовался для наполнения кислородных подушек для тяжелобольных, но и в больших объемах, определяемых уже не десятками литров, а сотнями и тысячами кубометров» (Капица, 1981, с.54).

**66) Аналогия Вильгельма Теодора Унге.** Шведский изобретатель Вильгельм Унге (1890) разработал установку, в которой осуществлялся ускоренный выброс продуктов сгорания пороха (газовую турбину) для своей боевой ракеты по аналогии с соплом Лавалья, которое использовалось в промышленных сепараторах. В.Унге является первым исследователем, который перенес сопло Лавалья с сепараторов в область ракетостроения. Несколькими годами раньше (в 1888 г.) Г.Лаваль выполнил первые наброски схемы, которая впоследствии стала известна как «сопло Лавалья», а в 1889 г. это изобретение было запатентовано. Эта новая идея, указывавшая на возможность получения максимума работы от потока пара под давлением, была вскоре освоена и Унге. Его поиски путей для обеспечения стабилизации вращения ракет завершились блестящими результатами, когда он в 1869-1897 гг. сконструировал свою

турбину (шведский патент 10257). Описание патента проливает свет на те идеи Унге, которые позволили ему стать автором этого выдающегося изобретения. Даже несмотря на то, что схема Унге весьма несовершенна, это был первый случай использования принципа Лавалья в ракетостроении, тот самый случай, когда изобретатель понял, зачем он использует этот принцип в ракете. Эта газовая турбина была запатентована в 12 странах. Аналогия Унге облегчалась тем, что он жил в одной стране с Лавалем и контактировал с ним. Впоследствии Лаваль присоединился к компании «Марс», в которой работал Унге, создавая свою ракету, названную «воздушной торпедой». Я.Голованов в книге «Дорога на космодром» (1982) пишет о том, как сопло Лавалья переключалось из сепараторов в ракетную технику: «Карл Густав Патрик де Лаваль вошел в историю ракетной техники, хотя, как и Мещерский, никогда не думал ни о ракетах, ни о межпланетных путешествиях. Он занимался химией, а потом увлекся конструированием сепараторов. Стремясь избавиться от зубчатых передач, он решил прямо на оси сепаратора поставить паровую турбину. Пар на колесо турбины он подавал через конические расширяющиеся сопла. Лаваль был очень дотошный и добросовестный человек, и коль уж он решил эти сопла поставить, то считал себя обязанным довести их до совершенства. Так родилось «сопло Лавалья». Дальнейшие исследования и теоретическое обоснование формы сопла, предпринятые учеными разных стран, привели к тому, что «сопло Лавалья» переключалось с сепаратора на космическую ракету» (Я.Голованов, 1982).



«Будущее человечества невообразимо, оно невообразимо до такой степени, что даже самая пылкая фантазия не в состоянии представить этого будущего. Во всяком случае, оно за пределами Земли и даже за границами Солнечной системы. Будущее человечества – в Космосе!»

Константин Циолковский

**67) Аналогия Константина Циолковского.** К.Циолковский пришел к идее об использовании ракеты, движущейся за счет реакции струи газов, вырывающихся из отверстия ракеты, для полета в безвоздушном пространстве по аналогии с идеей А.П.Федорова об использовании ракеты, движущейся за счет той же реакции струи газов, для полета в атмосфере. В.Демин в книге «Циолковский» (2005) отмечает: «...Нет ничего необычного в том, что Циолковский всегда рассматривал ракету в качестве одного из средств полета в атмосфере и за ее пределами – в Космосе. Толчком же перехода от «грез» к серьезному теоретическому обоснованию и математическим расчетам послужила брошюра, написанная студентом Санкт-Петербургского электротехнического института А.П.Федоровым. Спустя много лет инициалы удалось расшифровать – Александр Петрович, - но о судьбе автора до сих пор ничего неизвестно, хотя его именем и назвали один из кратеров на Луне. Фамилия Федоров вторично оказалась для Циолковского знаковой. Он точно помнил, что в 1896 году где-то достал подписанную этой фамилией брошюру «Новый принцип воздухоплавания, исключая атмосферу как опорную среду». Как объяснил Константин Эдуардович, вопрос в ней решался крайне наивно: автор не делал попытки определить реакцию струи газов, вырывающихся из отверстия ракеты, а довольствовался законом Паскаля о равномерности давления жидкости, находящейся в покое. Правильно поняв, что тяга в ракете создается за счет реакции вытекающей струи, а не за счет сопротивления воздуха движению выхлопных газов, он предлагал использовать ракету только для полета в атмосфере, а не за ее пределами. Брошюра А.П.Федорова хранилась в библиотеке Циолковского, и он показывал ее всем интересующимся» (Демин, 2005, с.95). Другой исходной посылкой идеи Циолковского о применении ракет для преодоления земного тяготения была аналогия с фантастическими произведениями Ж.Верна, в которых он описывал полет человека на Луну. Н.А.Рынин в книге «Циолковский. Его биография, работы и ракеты» (1931) отмечает: «Вот как описывает

сам Циолковский историю возникновения у него идеи о ракетах. «Долго на ракету я смотрел, как все: с точки зрения увеселений и маленьких применений. Не помню хорошо, как мне пришло в голову сделать вычисления, относящиеся к ракете. Мне кажется, первые семена мысли заронены были известным фантазером Ж.Верном; он пробудил работу моего мозга в известном направлении» (Н.А.Рынин, 1931).

**68) Аналогия Константина Циолковского.** К.Циолковский (1911) выдвинул идею об очистке воздуха космического корабля с помощью зеленых растений, по аналогии с очисткой воздуха на Земле с помощью тех же растений. К.Э.Циолковский в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1911) пишет: «Как земная атмосфера очищается растениями при помощи Солнца, так может возобновляться и наша искусственная атмосфера. Как на Земле растения своими листьями и корнями поглощают нечистоты и дают взамен пищу, так могут непрерывно работать для нас и захваченные нами в путешествие растения» (Циолковский, 1911, с.128). Кроме Циолковского эту идею выдвигал также один из российских пионеров космонавтики Ф.А.Цандер еще в 1907 году.

**69) Аналогия Германа Оберта.** Один из основателей космонавтики Герман Оберт (1909) пришел к идее использования в космической ракете специального сопла, через который должен был осуществляться выброс газов, по аналогии с соплом водяной турбины Пельтона. Б.В.Раушенбах в книге «Герман Оберт» (1993) пишет: «Придя к мысли, что пушки и другие разгонные устройства неэффективны, что единственным реальным средством покорения космоса является ракета, Герман начал размышлять об их устройстве. По воспоминаниям Оберта, первый набросок такой ракеты относится к 1909 году. Это должна была быть ракета, способная поднять несколько человек. В качестве топлива для этой ракеты Герман предполагал использовать увлажненную нитроклетчатку (пироксилин), заряды этого взрывчатого вещества сжигались в аппарате, напоминающем пулемет, а выхлоп газов осуществлялся через сопла, устройство которых он заимствовал у водяных турбин Пельтона» (Б.В.Раушенбах, 1993).

**70) Аналогия Ч.Дюрейя.** А.А.Ивин пишет об изобретателе Ч.Дюрейя: «Ч.Дюрейя изобрел карбюратор с распыляющим инжектором. Необходимость получения смеси бензина с воздухом была для него ясна уже много лет, но лишь увидев у жены пульверизатор для разбрызгивания духов, он перенес идею на двигатель внутреннего сгорания – и добился успеха» (А.А.Ивин, «Искусство правильно мыслить», 1990).

**71) Аналогия Чарльза Кеттеринга.** Американский изобретатель Чарльз Кеттеринг (1912) пришел к мысли об использовании маленького электромотора для запуска двигателя автомашины по аналогии с использованием электромотора для кассовых аппаратов, применяемых в сфере торговли. Таким образом, Ч.Кеттеринг заменил ручной привод, запускающий двигатель автомобиля, электрическим приводом, по аналогии с тем, как ранее он заменил ручной привод кассового аппарата небольшим электродвигателем. Отсюда видно, что Ч.Кеттеринг изобрел стартер благодаря аналогии. Александр Новиков в статье «История стартера» (сайт «Автоиндекс», 2002) пишет о том, что изобретение стартера было стимулировано гибелью Картера, наступившей от ручного привода автомобиля: «Картер был далеко не последней жертвой заводной рукоятки, но именно его смерть подвигла убитых горем Леландов на разработку ее электрической замены. Как раз в это время на горизонте появился Чарльз Кеттеринг, молодой инженер из Огайо, придумавший электродвигатель для кассовых аппаратов фирмы National. Мировой рынок был переполнен кассами с ручным приводом, и чтобы заставить покупателей раскошелиться, нужен был принципиально новый вид продукции. Электромоторчик пришелся как нельзя кстати. Электродвигатели, вписывающиеся в габариты кассового аппарата, были слишком слабы, чтобы работать без перегрева. Но Кеттеринг правильно учел, что для работы кассы достаточно нескольких

оборотов мотора, а в промежутках между включениями двигатель успеет охладиться. Он изготовил небольшой электромотор, поставил его на место ручки, и касса заработала. Моторчик питался от любого напряжения – от 32 до 220 вольт – и разошелся по всем странам мира. Ту же идею Кеттеринг использовал и в автомобильных стартерах. Собрав в машиностроительной лаборатории General Motors сравнительно небольшой и слабый мотор, он в конце июля 1912 года привез его в Детройт, где стартер был немедленно установлен на автомобиль» (А.Новиков, 2002).

**72) Аналогия Луи Люмьера.** Один из создателей кинематографа Луи Люмьер (1894) изобрел киноаппарат, открывший новую эпоху в истории искусства, когда по аналогии перенес в уже существовавшую модель киноаппарата скачковый механизм, предназначенный для прерывистого движения пленки и прерывистой смены изображений, заимствовав этот механизм из швейной машины. Жорж Садуль в 1-ом томе книги «Всеобщая история кино» (1958) приводит воспоминания Огюста Люмьера - брата Луи Люмьера: «Я придумал какое-то усовершенствование, системы которого сейчас не помню, и однажды утром в конце 1894 года зашел в комнату к моему брату, который прихворнул и лежал в постели, чтобы рассказать ему о придуманном мной. Он, в свою очередь, сообщил мне, что не мог ночью спать и, мысленно уточняя условия, необходимые для достижения нашей цели, придумал такой аппарат, который обеспечит все необходимые условия. Дело заключается в том, объяснил он мне, чтобы пленка двигалась прерывисто. Для этого необходим механизм, действующий аналогично передаче швейной машины, то есть так, чтобы зубцы в верхнем положении входили в отверстия перфорации и тянули бы за собой пленку, а, опускаясь вниз, оставляли бы пленку неподвижной. Это, несомненно, было открытием, и я сразу понял, что надо отбросить те усовершенствования, о которых думал я. Мой брат за одну ночь изобрел кинематограф» (Ж.Садуль, 1958). Резюмируя воспоминания Огюста Люмьера, Ж.Садуль говорит: «Таким образом, можно сказать, что изобретение аппарата, который изобретатели назвали именем, принесшим им богатство и славу, - кинематографом, - сводилось к удачному применению передаточного механизма. Главной частью механизма, аналогичной передаче швейной машины, был эксцентрик, который трехтактным движением перемещался внутри кадра (овального, потом прямоугольного). Это механическое устройство было известно всем механикам, по крайней мере, с 1877 года, под названием эксцентрическая передача Трезеля. Кулачковый механизм, приводящий в движение эксцентрик, имел специальные зубцы, входящие в отверстия перфорации» (Ж.Садуль, 1958).

**73) Аналогия Бориса Розинга.** Борис Розинг (1907) высказал идею о применении в телевидении катодной (электронно-лучевой) трубки для преобразования электрических сигналов в светящиеся точки видимого изображения по аналогии с исследованиями В.Крукса (1879) и К.Брауна (1895), которые использовали катодную трубку в других целях. Первый создал катодную трубку и исследовал с ее помощью свойства катодного (электронного) излучения, второй – усовершенствовал ее. Е.В.Кузина, О.В.Ларина, Т.В.Титкова, О.А.Щеглова в книге «Энциклопедия изобретений и открытий человечества» (2006) пишут: «Розинг сам разработал трубку, в которой поток электронов (катодный луч) вызванный фотоэффектом, «бомбардирует» торец, покрытый изнутри слоем специального вещества, которое под воздействием катодного луча может светиться. Таким образом, всем известное изображение в телевизоре – не что иное, как результат большего или меньшего по интенсивности свечения определенных участков экрана» (Кузина, Ларина, Титкова, Щеглова, 2006). С.Лилли в книге «Люди, машины и история» (1970) констатирует: «Электронно-лучевой осциллограф был изобретен Брауном в 1897 году. Затем его конструкцию быстро усовершенствовали другие изобретатели. Работавший в России Борис Розинг снабдил им в 1911 году телевизионный приемник, а приблизительно в это же время англичанин Кэмпбелл Суинтон внес конкретные предложения о том, как этот осциллограф надо использовать в передающей камере (что было сопряжено с преодолением ряда больших трудностей)»

(Лилли, 1970, с.221). Реконструкция С.Лилли согласуется с описанием А.А.Зворыкина, Н.И.Осьмова, В.И.Чернышева и С.В.Шухардина, которые в книге «История техники» (1962) констатируют: «Еще в 1907 г. русским ученым Б.Л.Розингом было предложено для воспроизведения телевизионных изображений использовать электронно-лучевую трубку, известную тогда как катодная трубка Брауна. Б.Л.Розинг использовал механическую систему развертки для передачи изображения, а электронную – для его приема, а также впервые применил вместо селеновых щелочные фотоэлементы с внешним фотоэффектом» (Зворыкин и другие, 1962, с.509).

**74) Аналогия Николая Зелинского.** Выдающийся русский химик Н.Д.Зелинский (1916) создал противогаз, в котором в качестве средства очистки воздуха был использован активированный уголь, по аналогии с применением активированного угля для очистки винно-водочных изделий в одной из лабораторий Министерства финансов, где в свое время работал Н.Д.Зелинский. Противогаз Зелинского мог эффективно защищать людей от газовых отравлений, от вредного воздействия таких веществ, как хлор и фосген. А.П.Терентьев в статье «Как создавалось «сердце» противогаса» (журнал «Химия и жизнь», 1966, № 9) пишет о том, чем занимался Зелинский после вынужденного ухода из Московского государственного университета: «Бросил он свою школу, переехал в Петроград и поступил на работу в лабораторию Министерства финансов. А работа у него была – очищать винно-водочные изделия. Но не чем-нибудь, а активированным углем. Самым обычным березовым углем. Вот это его и натолкнуло на мысль. (...) Николай Дмитриевич и подумал: если углем можно очищать водку, то почему нельзя очищать воздух? Ведь хлор и фосген должны тоже поглощаться!» (А.П.Терентьев, 1966). После реализации данной аналогии Н.Д.Зелинский провел ряд опытов. «Взял он носовой платок, - пишет А.П.Терентьев, - насыпал на него угля и сделал такую простенькую повязку. Потом в большом эксикаторе приготовил хлор, приложил повязку к носу и стал дышать. И оказалось, что хлор не действует! Оставалось только сделать коробку. Для этого пригласили инженера Куманта: поэтому те противогасы и стали называться противогасами Куманта-Зелинского...» (А.П.Терентьев, 1966). Об этой же аналогии Зелинского пишет В.Батраков в статье «Воздух за щитом» (журнал «химия и жизнь», 1978, № 2): «В то время профессор Николай Дмитриевич Зелинский, будущий академик, заведовал Центральной лабораторией Министерства финансов; одна из задач лаборатории заключалась в контроле очистки спирта, для которой использовался древесный уголь. Это, в общем-то, случайное обстоятельство и послужило толчком к созданию прообраза современного противогаса» (В.Батраков, 1978).

**75) Аналогия Глеба Котельникова.** Г.Е.Котельников (1911) пришел к мысли о необходимости изготовления купола парашюта из легкого и прочного шелка, который можно было бы укладывать в ранец, находящийся за плечами летчика во время полета, по аналогии с оригинальной покупкой, которую сделала одна из знакомых актрис: из маленькой сумочки она вынула огромную шелковую шаль. В.В.Гончаренко в книге «Как люди научились летать» (1986) пишет об аналогии актера одного из Петербургских театров Г.Е.Котельникова: «Котельников понял, что нужен автономный и портативный парашют для пилотов, устройство которого не зависело бы ни от конструкции самолета, ни от скорости полета; парашют, которым летчик мог бы воспользоваться в любом положении, даже во время свободного падения, если в этом будет необходимость, чтобы быстрее удалиться от пылающего или разрушающегося самолета. Идея ясная. Но как ее осуществить на практике? И тут Котельников вспомнил, как недавно одна актриса похвалялась за кулисами оригинальной покупкой: из маленькой сумочки она вынула огромную шелковую шаль. Вот оно, решение! Надо купол парашюта сделать из легкого и прочного шелка и укладывать его в ранец, который в полете находился бы за плечами у летчика вместо спинки сидения. В таком виде он не будет мешать пилоту» (В.В.Гончаренко, 1986). Об этой же аналогии пишут Анна Ткач и Андрей Кротков в статье «Десантная романтика длиною в жизнь» («Парламентская

газета», № 098 (2166) от 2 августа 2007 г.): «А саму идею создания парашюта предложил артист Котельников. В 1905 году на авиапредставлении в Тушино он увидел воздушную аварию и гибель пилота. И подумал: у летчиков должна быть возможность спастись в случае катастрофы! Техническую идею подсказал бытовой случай: Котельников увидел, как его знакомая актриса извлекла из крохотного ридикюля и развернула большую шелковую шаль» (А.Ткач, А.Кротков, 2007). Наконец, аналогичное описание истории изобретения ранцевого парашюта содержится в учебном пособии «Учимся изобретать» (1997). Автор данного пособия М.А.Степанчикова констатирует: «Одним из оригинальных изобретений нашего столетия стал складной парашют. Его автор Г.Е.Котельников был актером драматического театра, живо интересовался авиацией. Все изобретатели парашюта шли в то время по одному пути: они располагали парашют в фюзеляже аэроплана и пытались создать надежную систему, способную раскрыть его до того, как пилот покинет кабину. Случай помог Г.Е.Котельникову придумать свой парашют. Однажды он увидел, как знакомая актриса вынула из маленькой сумочки большую восточную шаль из очень тонкого, но плотного шелка. Проведя аналогию (структурную и внешнего вида), Г.Е.Котельников пришел к выводу, что парашют должен быть складным, а изготавливать его следует не из прорезиненного брезента, а из легкого шелка» («Учимся изобретать», 1997, с.36).

**76) Аналогия Александра Михайловича Игнатъева.** Русский изобретатель А.М.Игнатъев (1912, 1926) пришел к мысли о создании самозатачивающихся металлических инструментов путем изготовления многослойной конструкции резца по аналогии с многослойной конструкцией зубов и когтей животных, которые также обладают свойством самозатачивания. Г.С.Альшулер в книге «Алгоритм изобретения» (1973) пишет: «Изобретатель А.М.Игнатъев, отдыхая на даче, однажды забавлялся с котенком. Котенок царапнул Игнатъева. Изобретатель задумался: а почему, собственно, когти кошки, клюв дятла, зубы белки и зайца постоянно остры? Игнатъев пришел к выводу, что самозатачивание происходит благодаря многослойной конструкции зубов. Твердые стержневые слои окружены более мягкими слоями. Во время работы твердые слои испытывают большую нагрузку, мягкие слои – меньшую, и первоначальный угол заострения не меняется. Этот принцип Игнатъев воплотил в самозатачивающихся резцах» (Г.С.Альшулер, 1973). Об этом же пишут В.В.Морозов и В.И.Николаенко в книге «История инженерной деятельности» (2007): «Резцы, ножи, пилы, зубья ковшей экскаваторов, сделанные по методу Игнатъева, не только не тупятся во время работы, но даже становятся острее. К изобретению этих замечательных инструментов А.М.Игнатъев, биолог по образованию, пришел оригинальным путем. Он начал с разгадки удивительного факта: почему зубы грызунов и когти хищников всегда остры, никогда не тупятся. Он разгадал, что самая твердая часть когтя или зуба – его сердцевина. Поэтому чем дальше слой находится от сердцевины, тем он быстрее стирается во время работы. Сердцевина вследствие этого возвышается над окружающими слоями, поэтому зуб или коготь всегда имеют заостренную форму. Угол резания такого природного инструмента неизменен. Разгадав секрет неизменной остроты зубов и когтей, Игнатъев положил этот принцип в основу своих самозатачивающихся инструментов» (В.В.Морозов, В.И.Николаенко, 2007).

**77) Аналогия Генри Форда.** Генри Форд (1913) изобрел конвейерный способ сборки автомобилей по аналогии с поэтапной разделкой свиных туш, которую он наблюдал в Чикаго. М.А.Степанчикова в учебном пособии «Учимся изобретать» (1997) констатирует: «Автомобильный магнат Г.Форд заимствовал идею конвейера по сборке автомобилей из разделки свиных туш. Посетив одну из чикагских боен, он обратил внимание на строгую последовательность операций, которую и перенес на производство автомобилей. Пользоваться прямой аналогией может каждый» («Учимся изобретать», 1997, с.36). Г.Форд в книге «Моя жизнь, мои достижения» (1924) пишет: «Приблизительно 1 апреля 1913 года мы произвели наш первый опыт со сборочным путем. Это было при сборке магнето. Опыты

производятся у нас сначала в небольшом масштабе. Если мы открываем лучший рабочий метод, мы, не рассуждая, приступаем даже к основательным изменениям, но мы должны только безусловно убедиться в том, что новый метод действительно наилучший, прежде чем мы приступим к коренным изменениям. Мне кажется, что это был первый подвижной сборочный путь, какой когда-либо был устроен. В принципе, он был похож на передвижные пути, которыми пользуются укладчики мяса при дроблении туш» (Г.Форд, 1924). Вадим Эрлихман в статье «Лента, опоясавшая мир» (журнал «Энергия промышленного роста», 2005, № 1, ноябрь) указывает, что Г.Форд заимствовал конвейерное производство у мясного магната Густава Свифта, а сам Густав Свифт заимствовал этот способ у американского фабриканта Эли Уитни, который в 1798 году ввел в практику конвейерный принцип изготовления мушкетов. «Опыт Уитни, - поясняет В.Эрлихман, - использовали другие фабриканты, - например, мясной король Густав Свифт, в 1875 году построивший в Чикаго громадный мясокомбинат. Обработка свинных и говяжьих туш там была разбита на множество операций. Рабочие сидели по разным сторонам платформы, по которой на тележке катилась туша, постепенно освобождаясь от мяса и превращаясь в голый скелет. В 1903 году комбинат посетил высокий худой человек с жесткой щеточкой усов. Не обращая внимания на запах и кровавые лужи, он увлеченно наблюдал за производственным процессом. Это был сорокалетний Генри Форд, уже собравший в дровяном сарае свой первый автомобиль. Он понимал, что может обогнать конкурентов только в том случае, если сделает свою машину не только надежной, но и дешевой. Требовалось до предела сократить время ее изготовления, и механизм Свифта подходил для этого как нельзя лучше» (В.Эрлихман, 2005).

**78) Аналогия Антона Флеттнера.** Немецкий изобретатель Антон Флеттнер (1920) пришел к идее о создании вращающихся цилиндров, способных сообщать кораблю движение путем использования энергии ветра, по аналогии с исследованиями Генриха Магнуса (1852), который, изучая полет артиллерийского снаряда, установил, что при боковом ветре снаряд отклоняется от цели вверх или вниз. А.Флеттнер перенес эффект Магнуса, относящийся к особенностям полета снарядов, в область решения задачи альтернативных источников энергии для движения корабля. В.Дыгало в статье «На крыльях белых парусов» (журнал «Наука и жизнь», 2004, № 7) пишет: «К счастью для человечества, всегда находятся люди, способные увидеть то, чего не замечают другие, и обладающие неиссякаемой пытливостью – этим неотъемлемым качеством всех изобретателей. Таким человеком был немецкий инженер Антон Флеттнер (1885-1961). Однажды, наблюдая во время плавания на паруснике за усилиями матросов, работавших в шторм с парусами на высоте 40-50 м, он подумал: а нельзя ли чем-нибудь заменить классический парус, используя при этом все ту же силу ветра? Размышления заставили Флеттнера вспомнить о его соотечественнике физике Генрихе Густаве Магнусе (1802-1870), который в 1852 году доказал, что возникающая поперечная сила, действующая на тело, вращающееся в обтекающем его потоке жидкости или газа, направлена в сторону, где скорость потока и вращение тела совпадают. Наличие такого эффекта Магнус подтвердил позже на опыте с весами» (В.Дыгало, 2004). «Именно опыты Магнуса, - подчеркивает В.Дыгало, - и навели Флеттнера на мысль заменить парус на судне вращающимся цилиндром» (В.Дыгало, 2004). Об этой же аналогии Флеттнера пишет О.Никифоров в статье «Верхом на воздушном змее» («Независимая газета» от 16 января 2007 г.): «В 1920 году немецкий инженер Антон Флеттнер открыл так называемый эффект Магнуса для корабля, движущегося при поддержке ветра. Ветер заставляет лопасти ветрового двигателя вращаться, и одновременно воздушный поток создает тягу, дающую дополнительное поступательное усилие. Энергия ветра преобразовывается в электрическую энергию. Флеттнер использовал этот принцип для создания роторного судна...» (О.Никифоров, 2007).

**79) Аналогия Льва Термена.** Лев Термен (1920) пришел к идее изобретения системы охранной сигнализации, основанной на изменении ряда параметров электрического

конденсатора при приближении к нему движущегося объекта, по аналогии со своими экспериментами, главной задачей которых было изучение диэлектрической постоянной газов при переменных температуре и давлении. В этих экспериментах, проведенных в лаборатории А.Ф.Иоффе, Л.Термен обнаружил, что собранный им прибор, включавший конденсатор и преобразователь с микрофоном, издавал звук, высота и сила которого зависела от положения руки между обкладками конденсатора. Л.Термен в сборнике «Воспоминания об А.Ф.Иоффе» (1973) пишет о начале своих исследований: «Итак, я начал действовать в новом помещении; построил конденсаторное устройство для измерения диэлектрической постоянной газов с чувствительностью до миллионных долей процента посредством применения метода биений электрических колебаний высокой частоты и измерения частоты разностью тона. Измерение температуры производилось балометрическим методом с применением усилителей постоянного тока и мостовых схем с модуляцией частотной составляющей. Для устранения механических влияний система имела специальный амортизирующий подвес. Когда я продемонстрировал Абраму Федоровичу действие всего этого устройства, он очень удивился получаемой чувствительности и точности и предложил также подумать, где еще, помимо газовых измерений, может быть применен разработанный мною метод гетеродирования радиочастот. Поскольку с помощью этого метода можно было регистрировать изменение емкости проводника менее чем на тысячную долю процента, я устроил сигнализационное устройство, которое действовало при приближении человека на расстояние 2-3 м к открытому проводнику типа антенны» (Л.Термен, 1973). Здесь мы видим, что, руководствуясь аналогией, Л.Термен осуществил мысленный переход от эффекта возникновения звука при приближении руки экспериментатора к обкладкам конденсатора к эффекту возникновения звука при приближении к конденсатору злоумышленника, пытающегося незаконно проникнуть в то или иное помещение.

**80) Аналогия Г.Буша.** Г.Буш (1922) высказал идею о возможности создания электронного микроскопа, основанного на действии потока электронов на наблюдаемый предмет, по аналогии с существованием светового (оптического) микроскопа. Примечательно, что данная идея Г.Буша возникла раньше, чем физик Луи де Бройль (1924) доказал волновую природу электронов. М.Борн в книге «Физика в жизни моего поколения» (1963) пишет об идее Буша и теории де Бройля: «Разрешите мне упомянуть здесь в качестве отступления, что идея электронного микроскопа значительно старше, чем эта теория; он был предложен впервые в 1922 году Г.Бушем на основании соображений, аналогичных тем, которые встречаются в геометрической оптике» (Борн, 1963, с.220).

**81) Аналогия А.Тейлора и И.Юнга.** Американские радиоинженеры А.Тейлор и И.Юнг (1922) высказали мысль о возможности разработки устройства, способного определять местонахождение невидимой цели с помощью радиоволн с короткой длиной волны, отражающихся (рассеивающихся) от объектов, по аналогии со своими опытами, в ходе которых они, работая в диапазоне ультракоротких волн, наблюдали явление радиолокации (отражения радиоволн от кораблей). «В 1922 году, - пишет К.В.Рыжов, - сотрудники радиоотдела морской исследовательской лаборатории Тейлор и Юнг, работая в диапазоне ультракоротких волн, наблюдали явление радиолокации. Им сейчас же пришла мысль, что можно разработать такое устройство, при котором миноносцы, расположенные друг от друга на расстоянии нескольких миль, смогут немедленно обнаружить неприятельское судно «независимо от тумана, темноты и дымовой завесы» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006). Независимо от Тейлора и Юнга идея радара пришла в голову немецкому изобретателю Хюльсмайеру, который в 1905 году получил патент на устройство, в котором эффект отражения радиоволн использовался для обнаружения кораблей. Хюльсмайер предлагал применить радиопередатчик, вращающиеся антенны направленного действия, радиоприемник со световым или звуковым индикатором, воспринимающим отраженные предметами волны.

**82) Аналогия Владимира Зворыкина.** Создатель современного телевидения В.К.Зворыкин (1935) пришел к идее о применении в телевидении электронного умножителя – электронного устройства, предназначенного для усиления тока первичных электронов на основе вторичной электронной эмиссии, по аналогии с исследованиями российского ученого Л.А.Кубецкого, который впервые разработал многокаскадные электронные умножители. В.П.Борисов в статье «Владимир Козьмич Зворыкин» (журнал «Природа», 1998, № 7) пишет о поездках Зворыкина в СССР: «Поездки в Советскую Россию в 30-х годах обогатили в научно-техническом плане не только наших специалистов, но и самого Зворыкина. В сентябре 1934 г. ленинградский ученый Л.А.Кубецкий продемонстрировал русскому американцу свою новую разработку – многокаскадные электронные умножители. Зворыкин сразу понял, какие огромные возможности обещает развитие и применение электронных умножителей, особенно в сочетании с фотокатодом. Набросав на первом попавшемся клочке бумаги схему умножителя Кубецкого, Зворыкин (этот листок до сих пор хранится среди его бумаг в архиве фирмы «David Sarnoff Res. Center») по возвращении в США погружается в работу над аналогичным прибором. В январе и июле 1935 г. он подает заявки на изобретение электронного умножителя (US Patent 2144239), в октябре того же года делает доклад об этом новом классе электронных приборов на заседании Нью-Йоркского отделения Института радиоинженеров. Ссылки на приоритет Кубецкого в этих заявках и выступлении отсутствуют» (В.П.Борисов, 1998).

**83) Аналогия Огюста Пикара.** Швейцарский изобретатель О.Пикар (1930) разработал герметичную гондолу стратостата для покорения стратосферных высот по аналогии с герметичными подводными аппаратами, уже существовавшими к тому времени. Чингиз Гаджиев в статье «Огюст Пикар: творческий стиль» (материалы к семинару преподавателей методики изобретательства, 1973) пишет: «Путь вверх вступал в противоречие с физическими возможностями пилотов и техническими – аппарата. Пикар, по аналогии с уже существовавшими к тому времени подводными аппаратами, предложил герметизировать гондолу, а заодно и кабины самолетов. В авиации его идея была воспринята как чистая фантазия, но это не помешало ему воплотить ее в стратостате» (Ч.Гаджиев, 1973). Данная статья Ч.Гаджиева имеется также на сайте «Методолог».

**84) Аналогия Огюста Пикара.** О.Пикар (1948) создал глубоководный аппарат – батискаф по аналогии с конструкцией своего стратостата. Ч.Гаджиев в статье «Огюст Пикар: творческий стиль» (электронный сайт «Методолог»), говоря о массе противоречий, разрешенных в батискафе, отмечает: «Разрешивший эти противоречия батискаф Пикара функционально явился настоящей симметрией стратостата относительно плоскости раздела двух сред и при его проектировании. Пикар неоднократно обращался к своему излюбленному приему – аналогии (прямой и обратной) – для использования в батискафе идей из ведущей для него отрасли техники – высотного воздухоплавания» (Ч.Гаджиев, сайт «Методолог»). «Большинство его изобретательских идей, - пишет Ч.Гаджиев о Пикаре, - найдено с помощью аналогии – прямой и обратной. Идея герметизированной гондолы стратостата возникла по аналогии с герметичными подводными аппаратами, с помощью аналогии же был найден шлюзовый принцип сброса балласта, уплотнение клапанной веревки – аналогия с барометром. Батискаф явился почти полной подводной аналогией стратостата; гондола, легкий поплавок – все это было и в стратостате. С появлением стратостата высотное воздухоплавание стало для глубоководной техники ведущей отраслью в смысле использования закона Архимеда. В результате Пикару во многих случаях оказалось достаточным прямо перенести некоторые идеи со стратостата на батискаф, несколько изменив их применительно к глубоководным условиям» (Ч.Гаджиев, сайт «Методолог»).

**85) Аналогия Огюста Пикара.** О.Пикар (1964) создал аппарат для погружения в средние глубины океана – мезоскаф по аналогии с особенностями конструкции вертолетов.

«Центральные идеи для своего аппарата средних глубин (мезоскафа), - поясняет Ч.Гаджиев, - Пикар перенес из вертолетостроения. Он предлагал сделать гондолу аппарата немного легче воды и потому постоянно стремящейся всплыть и удерживать ее на глубине с помощью большого вертикального винта, а вращающий момент этого винта уравнивать двумя небольшими горизонтальными винтами, вращающимися в противоположные стороны. Пикар часто и охотно прибегал к переносу, считал использование идей из других отраслей техники правильным и даже отказывался от собственных оригинальных идей, если техническое решение аналогичной проблемы в другой отрасли казалось ему более эффективным» (Ч.Гаджиев, сайт «Методолог»).

**86) Аналогия Огюста Пикара.** О.Пикар изобрел маневренный клапан, предназначенный для регулирования выпуска бензина из маневровой цистерны батискафа, по аналогии с компенсационным клапаном паровой машины. Первоначально О.Пикар использовал в качестве маневренного клапана батискафа специальный стержень для компенсации изменения выталкивающей силы. Однако позже он был вынужден отказаться от этой конструкции. Ч.Гаджиев в статье «Огюст Пикар: творческий стиль» (электронный сайт «Методолог») констатирует: «И хотя конструкция работала вполне удовлетворительно, Пикар нашел лучшее решение, обратившись к отрасли, в которой проблема клапанов являлась традиционной и которая к тому времени, за более чем двухсотлетнюю историю, далеко продвинулась в ее решении. «Оно (решение) было очень простым и основано на принципе компенсационного клапана паровой машины, о которой нам читал лекции профессор Стодола, когда я был студентом в Цюрихе. Я уверен, что вспомнил бы об этом и раньше, если бы не находился под гипнозом своего компенсационного стержня». Следует отметить, что Пикар вспомнил принцип компенсационного клапана паровой машины, а не сознательно обратился к ведущей в этом вопросе отрасли техники» (Ч.Гаджиев, сайт «Методолог»).

**87) Аналогия Огюста Пикара.** Решение проблемы сброса балласта из непроницаемой кабины батискафа (проблемы шлюзования) О.Пикар нашел по аналогии с эпизодом выхода укротителя из клетки, где находился лев, - эпизодом, который был откровением для маленького Пикара, посетившего зверинец. Ч.Гаджиев отмечает: «Вот формулировка противоречия при решении проблемы сброса балласта: «Как быть при сбрасывании балласта из непроницаемой кабины?» Решение было найдено с помощью аналогии. «Однажды (в детстве) меня повели в зверинец. В одной из клеток находился лев и укротитель. Каким образом укротитель мог выйти из клетки, не выпустив за собой зверя? Примененный способ был откровением для маленького мальчика. Укротитель вышел в маленькую смежную клетку и сразу запер за собой дверь. Только после этого он открыл следующую дверь и вышел наружу... Я вспомнил эту сцену через сорок лет... В нашем случае шлюзование происходило следующим образом. В некое вместилище, снабженное двумя пробковыми кранами с помощью воронки, через верхний кран выпускался балласт, состоящий из свинцовой дроби. Потом, закрыв верхний кран, открывали нижний, и балласт вываливался наружу» (Ч.Гаджиев, сайт «Методолог»).

**88) Аналогия Игоря Сикорского.** Русский авиаконструктор Игорь Сикорский (1940) создал вертолет, управляемый в воздухе с помощью трех рулевых винтов, по аналогии со схемой вертолета русского изобретателя Бориса Юрьева (1911). Будучи студентом Московского высшего технического училища и членом Воздухоплавательного кружка известного русского ученого Жуковского, Юрьев разработал модель вертолета, оснащенного тремя винтами. Первый винт служил для компенсации реактивного момента, а также играл роль руля направления. Второй винт давал крены и был аналогичен по своему действию элеронам (перекашивающимся плоскостям крыльев самолета). Третий винт служил как бы рулем высоты.

**89) Аналогия Андрея Туполева.** Выдающийся советский авиаконструктор А.Н.Туполев создал отечественный стратегический бомбардировщик Ту-4, являющийся феноменальным достижением инженерной мысли, по аналогии с американским стратегическим бомбардировщиком В-29 (Боинг-29). Указание создать копию американского самолета, называвшегося «летающей крепостью», А.Н.Туполев получил от Сталина. И.Лебедев в статье «Как клонировали «летающую крепость» (журнал «Эхо планеты», № 6, 2001) пишет: «Поскольку «летающие крепости» оказались на аэродроме Тихоокеанского флота, Сталин отдал приказ оценить их боевые качества командующему ВМФ адмиралу Николаю Кузнецову. Под его руководством команда военспецов в течение нескольких недель внимательно осматривала самолеты, а затем советские летчики-испытатели самостоятельно подняли один из них в небо. (...) В январе 1945-го Кузнецов представил Верховному главнокомандующему свой доклад, после чего тот распорядился создать точную копию американской машины и наладить ее серийное производство. Для выполнения этой задачи было выбрано КБ Андрея Николаевича Туполева» (И.Лебедев, 2001). «Однако в советском бомбардировщике Ту-4, - продолжает И.Лебедев, - были заложены «гены» не только его прародителя – компании «Боинг», но и отечественных конструкторов. Обнаружив дефекты в американском двигателе, они установили на самолете собственный движок, а также усовершенствованную систему вооружений. Сложнейшая работа, проделанная КБ Туполева, является «феноменальным достижением инженерной мысли», уважительно заметил куратор Национального музея авиации и космонавтики США Вон Хардести» (И.Лебедев, 2001).

**90) Аналогия Клода Шеннона.** Клод Шеннон (1936) высказал идею о возможности создания вычислительных машин, использующих электрические, а не механические явления и процессы, когда заметил аналогию (сходство) между экономичными электрическими цепями с несколькими выключателями, действующими на один прибор, и операциями математической логики, сформулированными Д.Булем. Как указывает Н.Винер, «...открытие Шеннона состояло в том, что он понял, что методы конструирования наиболее экономичных цепей с несколькими выключателями, действующими на один прибор, представляют собой фактически раздел математической дисциплины, называемой алгеброй логики» (Н.Винер, «Творец и будущее», 2003). А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) пишет об этой же аналогии Шеннон: «...Клод Шеннон, работая над своей диссертацией, пришел к выводу, что булева алгебра может с успехом использоваться для анализа и синтеза переключателей и реле в электрических схемах. Считается, что работы Тьюринга и Шеннона стали поворотным моментом в истории информатики и компьютерной техники» (Частиков, 2002, с.13). «В конце 1930-х годов, - детализирует А.Частиков, - Шеннон был первым, кто связал булеву алгебру с переключающими цепями, являющимися составной частью современных компьютеров. Благодаря этому открытию булева алгебра могла быть использована как способ организации внутренних операций компьютера, способ организации логической структуры компьютера» (там же, с.60). По свидетельству А.Частикова, «в 1936 году Клод Шеннон стал аспирантом Массачусетского технологического института (MIT). Его руководитель Ванневар Буш, создатель дифференциального анализатора (аналогового компьютера) в качестве темы диссертации предложил описать логическую организацию анализатора. Работая над диссертацией, Шеннон пришел к выводу, что булева алгебра может с успехом использоваться для анализа и синтеза переключателей и реле в электрических схемах. Шеннон писал: «Сложные математические операции возможно выполнить посредством релейных цепей. Числа могут быть представлены позициями реле и шаговыми переключателями. Соединив определенным образом наборы реле, можно производить различные математические операции» (Частиков, 2002, с.61). Аналогичная идея формулировалась и другими учеными – Ч.Пирсом, П.Эренфестом, В.И.Шестаковым. А.Частиков указывает: «Справедливости ради нужно заметить, что до Шеннона установлением связи между булевой алгеброй и переключательными цепями занимались в Америке Ч.Пирс, в России – П.С.Эренфест, В.И.Шестаков и др.» (там же, с.61).

Дополнительные и весьма важные подробности относительно данной аналогии сообщает Д.А.Поспелов в книге «Фантазия или наука» (Москва, «Наука», 1982): «В тридцатых годах нашего века сначала советский ученый В.И.Шестаков, а затем независимо от него известный в последующие годы как «отец теории информации» американец Клод Элвуд Шеннон обнаружили явную аналогию между формулами исчисления высказываний и поведением релейных электрических схем. Однако, обнаружив этот парадоксальный факт, оба исследователя не придали этому открытию должного значения. Их публикации так бы и остались забавным научным кунштюком, если бы не догадка М.А.Гаврилова о том, что открытая ими аналогия куда более глубока, чем это кажется на первый взгляд. М.А.Гаврилов предположил и блестяще обосновал вывод о том, что между исчислениями высказываний и определенными типами электрических схем, состоящих из замыкающих и размыкающих контактов реле и связей между ними, нет принципиальной разницы» (Поспелов, 1982, с.73).



«Никто не хотел приютить крамольную кибернетику. Ляпунов дома собирал своих учеников, они слушали доклады, обсуждали их. А летом все вместе уезжали в Миассово. Ученый понимал, что как бы ни ругали кибернетику, все равно надо готовить для нее кадры, готовить теорию, математический аппарат – задел, который он мог создавать своими силами».

Даниил Гранин об Алексее Ляпунове

**91) Аналогия Алексея Андреевича Ляпунова.** Выдающийся советский математик А.А.Ляпунов разработал так называемый операторный метод программирования, когда заметил аналогию между структурой программ для ЭВМ и понятиями функционального анализа (раздела высшей математики). Н.Бусленко и В.Бусленко в книге «Беседы о поколениях ЭВМ» (1977) пишут: «В то время, пока обсуждаемые идеи, как говорится, носились в воздухе, выдающемуся советскому математику Алексею Андреевичу Ляпунову (1911-1973 гг.) удалось усмотреть весьма глубокие аналогии между структурой программ и весьма тонкими понятиями функционального анализа – одного из современных направлений высшей математики. Результаты его работ привели к созданию так называемого операторного метода программирования. На базе этого метода появилась возможность полностью автоматизировать процесс программирования, то есть привлечь к составлению программ саму ЭВМ» (Н.Бусленко, В.Бусленко, 1977).

**92) Аналогия Жака Ива Кусто.** Жак Ив Кусто (1942) изобрел регулятор давления воздуха в акваланге по аналогии с редуктором Э.Ганьяна, который был предназначен для регулировки давления при подаче горючего газа в двигатель автомашины. Иными словами, Кусто перенес редуктор Ганьяна из автомобиля в акваланг и избавил людей, погружающихся в морские глубины, от ручной регулировки подачи воздуха. Этот перенос имел для аквалангистов столь большое значение, что Жака Кусто считают истинным изобретателем акваланга. Кирилл Новиков в статье «Непотопляемый капитан» (журнал «Деньги», № 22 (527) от 6 июня 2005 г.) указывает: «Между тем опыты с погружениями привели Кусто и его друзей к мысли о том, что для ныряния необходим аппарат со сжатым воздухом, а не с кислородом. Жак-Ив точно знал, что ему нужно, но сам он не мог создать надлежащую конструкцию. По счастью, отец его жены Симоны входил в совет директоров корпорации Air Liquide, которая была крупнейшим французским производителем бытового газа. Родственные связи помогли Кусто выйти на инженера Эмиля Ганьяна, который работал на эту корпорацию и был автором любопытного изобретения. Поскольку в ту пору весь европейский бензин лился в бензобаки вермахта, горючего во Франции не хватало. Спасало автолюбителей изобретение Ганьяна, который придумал прибор, позволявший использовать вместо бензина сжатый газ. Кусто

заинтересовался редуктором – устройством для регулировки давления при подаче газа в мотор и заказал Ганьяну нечто подобное, но приспособленное для человека. Получившийся агрегат был назван «водяным легким» или «аквалангом», и Кусто с друзьями получили, наконец, возможность свободно плавать под водой на глубине до 73 метров» (К.Новиков, 2005). Жак Кусто в книге «В мире безмолвия» (2003) сам признается в этой аналогии: «Мы мечтали о самоуправляющемся аппарате, использующем сжатый воздух. Вместо приспособления Ле Приера, связанного с необходимостью выпускать воздух вручную, мне хотелось иметь автоматическое устройство наподобие того, что применяется в кислородных масках для высотных полетов. Я отправился в Париж в поисках инженера, который мог бы понять, о чем идет речь. Мне посчастливилось встретить Эмиля Ганьяна, эксперта по газовому оборудованию, состоявшего на службе одной крупной международной корпорации. Это было в декабре 1942 года. Я изложил Эмилю свои требования; он кивнул поощрительно головой и прервал меня: «Что-нибудь вроде этого? – он протянул мне маленькую бакелитовую коробочку. – Это мой клапан для автоматической подачи горючего газа в автомобильный мотор». В то время бензин был дефицитным товаром, и шли усиленные поиски путей замены его газом. «Тут есть нечто общее с вашей проблемой», - сказал Эмиль. Через несколько недель первый автоматический регулятор был готов» (Ж.Кусто, 2003).

**93) Аналогия Роберта Вуда.** Американский изобретатель Роберт Вуд изобрел эффективный гидрофон – прибор, способный определять движущиеся подводные лодки по звуку их работающих винтов, когда снабдил гидрофон приемным отверстием, выполненным по аналогии с ушной раковиной тюленя. Г.С.Альтшулер и Р.Б.Шапиро в статье «О психологии изобретательского творчества» (журнал «Вопросы психологии», 1956, № 6) пишут о Роберте Вуде: «В период первой мировой войны на кораблях начали применять гидрофоны – приборы для прослушивания винтов подводных лодок. Эти гидрофоны можно было использовать, только остановив корабль или сильно замедлив ход: звуки, создаваемые потоком воды, у приемного отверстия гидрофона, заглушали все остальное. Один из инженеров, работавших над усовершенствованием гидрофона, знал, что тюлени прекрасно слышат даже на самом быстром подводном ходу. По предложению этого инженера был построен гидрофон с приемным отверстием, аналогичным по форме ушной раковине тюленя. В результате слышимость значительно улучшилась, оказалось возможным использовать гидрофон и при движении корабля» (Г.С.Альтшулер и Р.Б.Шапиро, 1956).

**94) Аналогия Бориса Щелища.** Одной из исходных посылок идеи Бориса Щелища (1941) об использовании водорода в качестве топлива для автомобильных двигателей, была аналогия с одним из эпизодов, описанных в романе Жюль Верна «Таинственный остров». В этом романе один из героев говорит, что когда не станет угля, его заменит другое топливо – вода, разложенная на водород и кислород. Отметим, что водородный двигатель был изобретен Б.Щелищем в блокадном Ленинграде, где во время войны водород использовался для поднятия в небо аэростатов, защищавших город от авиационных налетов. Михаил Спиринов в статье «Лейтенант, опередивший время» (газета «Аргументы и факты» от 09.09.2003 г.) воспроизводит рассказ самого Б.Щелища о том, как он создал водородный двигатель: «Встал вопрос, как быть? Мне пришло в голову выбирать аэростаты лифтовой лебедкой. Раздобыл я такую лебедку, но к этому дню не стало электрической энергии. И тогда я вспомнил «Таинственный остров» Жюль Верна. С детства запомнилась мне глава «Топливо будущего». Достал книгу. Перечитал. Там было прямо написано: что заменит уголь, когда его не станет? Вода. Как вода? А так – вода, разложенная на составные части, водород плюс кислород. Я думаю – не пришло ли это время? Ведь мы что делали: выдавливали оболочку аэростата, выпускали так называемый грязный водород, а это все равно что выливать на землю бочку бензина. Думаю: сейчас, когда у меня есть под руками грязный водород, это же топливо. То самое, про которое Жюль Верн писал...» (М.Спиринов, 2003). Об этой же аналогии пишут А.Гусев и Ю.Дядюченко в статье «О водородном лейтенанте замолвите слово» (журнал

«Изобретатель и рационализатор», № 3 (627) 2002): «Пытались использовать и ручной привод, но даже десять здоровых мужчин не могли справиться с механизмами подъема и спуска. А когда большую часть рядовых и сержантов из аэростатных частей направили в пехоту для усиления наземной обороны, на действующих постах вместо 12 человек по штату осталось всего 4-5 солдат. Вероятно, именно в это время младший техник, лейтенант ПВО Б.И.Щелищ вспомнил роман Жюль Верна «Таинственный остров» (это не выдумка, заметки об этом сохранились в архиве изобретателя). Там, в главе «Топливо будущего», говорится, что когда кончится уголь, его заменит вода. И не просто вода, а вода, разложенная на составные части – водород и кислород. Борис Исаакович любил Жюль Верна, а работа с аэростатами, тяжелое положение, в котором оказался любимый город, напомнили ему детские впечатления и заставили его изобретательный мозг работать» (А.Гусев и Ю.Дядюченко, 2002).

**95) Аналогия Бориса Щелища.** Борис Щелищ (1941) изобрел водяной затвор, предназначенный для того, чтобы предотвращать взрывы водорода при его подаче в водородный двигатель автомобиля, по аналогии с огнетушителем, который хорошо всем нам известен. Таким образом, создавая водородный двигатель, Б.Щелищ перенес в него огнетушитель, нашел ему новое применение. М.Спирин в статье «Лейтенант, опередивший время» (газета «Аргументы и факты» от 09.09.2003 г.) цитирует Б.Щелища: «Чувствую, двигатель работает. Даю обороты, он обороты принимает. И вдруг ЧП! Выхлоп! Обратная вспышка, взрыв, газгольдер сгорел. У меня контузия. Руки опустились. Но бензина-то нет! И тут я понял, что надо сделать затвор! Разрывать цепь автоматически. Для этого ничего лучше воды быть не может. Взял я огнетушитель и сделал в нем гидрозатвор. Двигатель сосет водород через воду» (М.Спирин, 2003).



«Он руководил всеми работами, но в то же время сам работал наравне со всеми участниками, на всех стадиях выполнения работы, с начала и до конца. Никому не читал наставлений, что и как делать, все это показывал на личном примере. У него была удивительная способность заражать людей своим энтузиазмом. Векслер интересовался положением дел у каждого своего сотрудника и всегда был готов, не жалея времени, обсудить полученные результаты, состояние дел и план дальнейших исследований».

Б.М.Болотовский и Б.С.Ратнер о В.И.Векслере

**96) Аналогия Владимира Векслера и Евгения Фейнберга.** Создатель синхрофазотрона В.И.Векслер совместно с Е.Л.Фейнбергом (1944) разработал гидроакустическую систему, которая позволяла определять местоположение корабля или подводной лодки по шуму их двигателя, руководствуясь аналогией со своей установкой, которая позволяла определить местоположение самолета по шуму мотора. Б.М.Болотовский и Б.С.Ратнер в статье «Владимир Иосифович Векслер – создатель синхрофазотрона» (журнал «Природа», 2007 г., № 4) пишут о Векслере: «Первоначально он с группой сотрудников стал разрабатывать установку, которая позволила бы определить местоположение самолета по шуму мотора. Была разработана аппаратура, которой оснащались армейские рупоры-звукоуловители. Однако вскоре появились радиолокаторы, которые определяли положение самолета с гораздо большей точностью и притом не так зависели от погоды, как акустические приборы. Звукоуловители были сняты с вооружения. Однако в гидроакустике применение идеи Векслера оказалось плодотворным. Предложение о разработке гидроакустического варианта было сделано В.И.Векслером и Е.Л.Фейнбергом в 1944 г. Фейнберг показал, что гидролокация подводных объектов может осуществляться с помощью системы гидрофонов,

при этом следует учитывать корреляцию сигналов, поступающих от разных гидрофонов. Векслеру и Фейнбергу было выдано авторское свидетельство на пеленгатор, который впоследствии получил название коррелятора. В дальнейшем корреляционные методы обработки информации получили широкое распространение» (Б.М.Болотовский, Б.С.Ратнер, 2007).

**97) Аналогия Владимира Векслера.** В.И.Векслер (1944) открыл принцип автофазировки, который позволил преодолеть релятивистский барьер, возникший на пути совершенствования ускорителей элементарных частиц, по аналогии с теоретическими рассуждениями Р.Беккера, представленными в первой главе его книги «Электронная теория» (1941). А.Расторгуев в статье «История одного открытия» (журнал «Самиздат», 2007, май) воспроизводит рассказ Е.Л.Фейнберга об истории открытия принципа автофазировки: «Вот как рассказал об этом физик-теоретик Е.Л.Фейнберг, фактический соавтор открытия. В феврале 1944 года, стремясь поправить здоровье, с которым у него в то время было из рук вон плохо, Фейнберг отправился в подмосковный санаторий «Узкое»; перед отъездом Векслер спросил: «Женя, нет ли у тебя книги Беккера «Электронная теория»? Вернувшись, Фейнберг услышал звонок Векслера: «Ты знаешь, я придумал замечательную вещь!» «Какую же?» Он прочитал первую главу Беккера, и этого оказалось достаточно, чтобы придумать, как перескочить релятивистский предел! Я сказал: «А если бы ты прочитал вторую главу?» (А.Расторгуев, 2007). Об этой же аналогии говорится в статье Г.Горелика и И.Дорман «Евгений Львович Фейнберг» (сетевой альманах «Еврейская старина», 2003, № 9). В этой статье Фейнберг вспоминает: «Я могу привести пример. Как он открыл свой ускоритель. Он попросил меня: «Женя, нет ли у тебя книги Беккера «Электронная теория»? Это очень хороший вузовский учебник. Была книга Абрагама по максвелловской теории поля, а потом Беккер написал электронную теорию, это Лоренцовская теория. Я ему дал, и уехал отдыхать в «Узкое». Это был февраль 1944 года, я со своим туберкулезом был в очень скверном состоянии, как раз защитил диссертацию. Меня повезли в санаторий «Узкое», где откармливали квашеной капустой, ее было вдоволь, другой еды было очень мало, но квашеная капуста и свежий воздух сделали свое дело. Когда я вернулся, Векслер мне позвонил: «Ты знаешь, я придумал замечательную вещь!» «Какую же?» Это действительно замечательная вещь – скачок через релятивистский порог для ускорителя» (Г.Горелик, И.Дорман, 2003). Отметим, что принцип автофазировки Векслера – это идея ускорения в циклотроне частиц, переходящих в релятивистскую область, электрическим полем переменной частоты, синхронной (находящейся в резонансе) с частотой обращения частиц. Намеки на эту идею содержались в книге Р.Беккера «Электронная теория» (1941).

**98) Аналогия Михаила Калашникова.** Одной из исходных посылок изобретения М.Калашниковым (1947) знаменитого автомата АК-47, получившего распространение во всем мире, послужила аналогия с конструкцией штурмовой винтовки Хуго Шмайссера, которая получила название винтовки STg-44. В книге «То, из чего стреляют в СНГ» (2003) А.Благовестов пишет: «Штурмовая винтовка STg-44 образца 1943/1944 гг. (конструкция Хуго Шмайссера) работает по принципу отвода пороховых газов через поперечное отверстие в стенке ствола. Запирание канала ствола производится перекосом затвора в вертикальной плоскости. Перекашивание затвора при запирании и отпирании осуществляется взаимодействием соответствующих наклонных плоскостей на затворе и затворной раме» (Благовестов, 2003, с.368). «Запоздалое принятие на вооружение винтовки STg-44, - замечает А.Благовестов, - не оказало существенного влияния на ход боевых действий, однако ее конструкция и дизайн были использованы в многочисленных послевоенных образцах, прежде всего, в автомате Калашникова» (там же, с.369). В электронной энциклопедии «Википедия», в статье «Михаил Тимофеевич Калашников» указывается: «С 1945 года М.Т.Калашников начал разработку автоматического оружия под промежуточный патрон 7,62 на 39 образца 1943 года. На конструкцию нового автомата сильно повлияли немецкие разработки, в первую очередь,

STg-44. По некоторым предположениям, не имеющим документальных подтверждений, в разработке принимали участие попавшие в плен немецкие специалисты, в том числе, Хуго Шмайссер. В конкурсе 1947 г. автомат Калашникова после испытаний показал высочайшую эффективность и был принят на вооружение в 1949 г. под названием АК-47» (энциклопедия «Википедия»). Но это была не единственная аналогия. Другая аналогия заключалась в том, что М.Калашников перенес в автомат АК-47 многие узлы, в том числе механизм запираания из опытного самозарядного карабина, разработанного им же в 1944 г. С.Монетчиков в статье «Михаил Тимофеевич Калашников» (журнал «Братишка», 2003, январь) подчеркивает: «В своем автомате Михаил Тимофеевич использовал уже воплощенные ранее во многих образцах принципы и схемы устройства механизмов автоматического стрелкового оружия. Он творчески подошел к проектированию многих деталей автомата, взяв за основу компоновочную схему и многие узлы, в том числе механизм запираания, из своего опытного самозарядного карабина, разработанного в 1944 году. Именно тогда родилось оригинальное решение узла запираания, ставшего впоследствии фирменной карточкой всего оружия семейства «калашниковых»: запираание канала ствола производилось двумя боевыми выступами поворачивающегося вокруг своей продольной оси затвора» (С.Монетчиков, 2003).

**99) Аналогия Джорджа Стибица.** Математик Джордж Стибиц (1937) пришел к мысли о применении прибора, получившего название реле, в вычислительных машинах, по аналогии с использованием реле в аппаратуре связи. Юрий Полунов в статье «Щелкающие машины» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») пишет о том, что произошло после изобретения Джозефом Генри реле (1831): «Впоследствии реле нашло самое широкое применение в технике и, в частности, в аппаратуре связи. Неудивительно поэтому, что первым человеком, задумавшим использовать его в качестве основного элемента вычислительных машин, был сотрудник «Белловских телефонных лабораторий» математик Джордж Роберт Стибиц (1904-1995). Осенью 1937 г., обратив внимание на двоичный характер работы этого прибора, он у себя дома соорудил из куска доски, жестяных обрезков, коробки из-под трубчатого табака, двух лампочек от карманного фонаря, двух старых реле и проводов нехитрую схему, которая питалась от батареек и могла складывать две двоичные цифры» (Ю.Полунов, Интернет).

**100) Аналогия Ванневара Буша.** В.Буш (1945) сформулировал идею об организации поиска необходимой информации в гипертекстовой системе (всемирной базе данных) с использованием ассоциативного, а не иерархического принципа, по аналогии с тем, что человеческий мозг извлекает те или иные сведения из памяти с помощью ассоциаций, а не иерархических построений. Леонид Черняк в статье «Ванневар Буш – изобретатель гипертекста» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») цитирует фрагмент статьи В.Буша «Так, как мы можем думать» (1945): «Проследив цепочку переходов между подклассами, спускаясь по иерархическому дереву, мы обнаруживаем единственное место хранения, если не предусмотрено специальное дублирование. Эти действия отличаются неукоснительным подчинением строгим и весьма обременительным правилам, причем, обнаружив один элемент данных, для поиска нового вам придется повторить все сначала. Сознание работает совсем не так, оно оперирует ассоциациями. Захватив один объект, мозг немедленно переходит к другому, что предполагает наличие механизма мысленных ассоциаций некоторой паутины (Web) ячеек мозга, связанных сложными путями. Эта паутина характеризуется высокой динамикой связей и непостоянством, однако обладает несравненным быстродействием. Разумеется, нельзя стремиться повторить природу, но надо у нее учиться. И первая мысль состоит в том, что нужно попытаться создать механизм ассоциативного доступа к данным взамен индексного» (Л.Черняк, Интернет).



«Проблема равноправия женщин в обществе в последнее время становится достаточно актуальной. Никто не возражает, что женщина может иметь высокий уровень образования, интеллекта и профессиональной подготовки в любых сферах человеческой деятельности. Пример жизни и творчества Геди Ламар подтверждает этот неоспоримый тезис».

Е.Скорик об актрисе и изобретателе Х.Ламар

**101) Аналогия Хеди Ламар (Геди Ламар).** Известная американская актриса Х.Ламар (1940) совместно со своим супругом Д.Антейлом изобрела механизм синхронизации работы передатчика и приемника при смене каналов генерации сигналов, задающих координаты цели управляемой торпеды, по аналогии с синхронизированными во времени барабанами пианол, которые использовал в своем оркестре ее супруг Джордж Антейл. Сами барабаны пианол Х.Ламар использовала в качестве источника секретного кода, представлявшего собой последовательность псевдослучайных сигналов. В нынешней технологии GPS секретный код называется C/A. Впоследствии механизм синхронизации сигналов, предложенный Х.Ламар, специалисты использовали в системе GPS (глобальной системе позиционирования, позволяющей определять местоположение и скорость объектов как на земле, так и в космосе). В связи с этим признается, что Х.Ламар внесла весомый вклад в создание системы GPS. Д.Чеканов в статье «История GPS: фашисты, кинозвезда и военные тайны» (Интернет) пишет: «Хеди Ламар и Джордж Антейл в качестве кода C/A использовали барабан пианолы. Поначалу идея кажется странной, но посмотрите на барабан – он представляет собой 88-битную псевдослучайную последовательность с временным кодированием» (Д.Чеканов, Интернет). «Синхронизированные по времени барабаны пианол, которые использовали Хеди Ламар и Джордж Антейл, - поясняет Д.Чеканов, - являются своеобразным прообразом современных систем корреляции. Поэтому мы вряд ли ошибемся, назвав Хеди Ламар одним из изобретателей, заложивших основы современной системы GPS» (Д.Чеканов, Интернет). Об аналогии Х.Ламар пишет также Е.Скорик в статье «Геди Ламар – изобретатель формата радиосвязи CDMA» (журнал «Конструктор», 2002, № 11): «Достаточно интересной и во многом неожиданной является основная идея патента. Авторам, как музыкантам, была известна конструкция механического пианино – «пианолы». В этом популярном в те годы музыкальном устройстве, предназначенном для ресторанов и кафе, мелодия кодировалась с помощью вращающегося картонного валика, имевшего 88 отверстий по числу клавиш в обычном рояле. Отверстия на каждом валике размещались в соответствии с нотами заданной мелодии. Валик помещался в пианолу и приводился во вращение. Молоточки, попадая в отверстия на валике, ударяли через тяги по струнам, воспроизводя таким образом мелодию. Авторы предложили два одинаковых валика с 88 отверстиями размещать в передатчике и приемнике секретной связи для синхронной перестройки частоты двух участников связи. Никто другой не мог ни перехватить передаваемое сообщение, ни помешать радиосвязи с помощью прицельной помехи!» (Скорик, 2002, с.12).

**102) Аналогия Говарда Эйкена.** Г.Эйкен создал вычислительную машину Mark I по аналогии с чертежами и схемами вычислительных машин Чарльза Бэббиджа. Юрий Полунов в статье «Электромеханический колосс» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») пишет: «Эйкен считал себя духовным наследником Бэббиджа и использовал любую возможность, чтобы устно или письменно подчеркнуть значение его работ. Историк Джереми Бернстайну он говорил: «Я чувствую, что Бэббидж обращается лично ко мне из прошлого; живи он на 75 лет позднее, я остался бы безработным». Проектами Бэббиджа Эйкен, по-видимому, заинтересовался в 1936-м или годом позже, после того как на чердаке здания, в котором

размещался физический факультет, обнаружили узел Разностной машины (он был подарен в 1886 г. Гарвардскому университету Генри Превостом Бэббиджем)» (Ю.Полунов, Интернет).

**103) Аналогия Норберта Винера.** Создатель кибернетики Норберт Винер (1948) пришел к выводу об использовании техники сканирования в вычислительных машинах, в частности, в машинах, решающих дифференциальные уравнения в частных производных, по аналогии с использованием техники сканирования в телевидении. Н.Винер пишет: «В телевидении изображение создается не частицами серебра различной оптической плотности, одновременно наносимыми на стеклянную пластинку, а световым зайчиком, пробегающим по сетке, образованной так, что в каждой строке сетки последовательно освещается один узел за другим, а вслед за окончанием одной строки зайчик сразу же перескакивает на следующую. Этот процесс, называемый сканированием, в настоящее время знаком каждому, кто хоть немного интересовался устройством стоящего у него на столе телевизора. Мне казалось, что применение техники сканирования в вычислительных машинах и родственных им устройствах в дальнейшем может сыграть большую роль в жизни общества, чем ее применение в телевидении» (Н.Винер, «Творец и будущее», 2003).

**104) Аналогия Норберта Винера.** Идея Н.Винера о том, что эффективным устройством, осуществляющим быстрые математические вычисления, должна быть электронная двоичная машина, возникла у него по аналогии с исследованиями, проводимыми в лаборатории Белла. Сотрудники данной лаборатории построили цифровую вычислительную машину, выполняющую всевозможные расчеты, используя двоичную запись чисел. «Нетрудно понять, - пишет Н.Винер, - что механизировать арифметические расчеты, выполняющиеся в двоичной системе счисления, значительно легче, чем обычные вычисления над числами, записанными в десятичной системе счисления. Это и было учтено в машине лаборатории Белла, использующей двоичную запись чисел» (Н.Винер, «Творец и будущее», 2003). Необходимо отметить, что задолго до Винера двоичная система счисления была предложена еще Лейбницем, который считал ее самой удобной для использования в вычислительных машинах. Трактат на эту тему был написан им в 1703 году. К.В.Рыжов говорит о Лейбнице: «Им же была разработана арифметика двоичных чисел. В двоичной системе, точно так же, как в привычной нам десятичной, значение каждой цифры определяется ее позицией, но вместо обычного набора из десяти цифр используются только две: 0 и 1» (К.В.Рыжов, «100 великих изобретений», 2006).

**105) Аналогия Норберта Винера.** Н.Винер совместно с Ли (1944) создал автокоррелятор – прибор, предназначенный для изучения электрических колебаний мозга и других пульсирующих явлений того же рода, по аналогии с интерферометром – прибором, изобретенным Майкельсоном (1881) и предназначенным для точного изучения спектра света, в том числе для изучения углового диаметра неподвижных звезд. Как подчеркивает Винер, «Майкельсон изобрел замечательный прибор, называемый интерферометром... Принцип устройства этого прибора и был положен в основу конструкции прибора, предназначенного для изучения мозговых волн...» (Н.Винер, «Творец и будущее», 2003). «Между интерферометром и автокоррелятором, - отмечает Винер, - существует глубокая аналогия, и изучение ранних работ Майкельсона позволило нам овладеть языком, на котором записываются данные, получаемые с помощью автокоррелятора» (там же).

**106) Аналогия Норберта Винера.** Н.Винер выдвинул гипотезу о теоретической возможности в закодированном виде записать устройство тела человека, а также содержание его мозга со всеми знаниями, которыми он владеет, с последующей передачей этой информации по радио, руководствуясь аналогией. Винер рассуждал по аналогии с записью генетического кода простейших микроорганизмов. В.С.Барашенков в книге «Вселенная в электроне» (1988) пишет: «Еще много лет назад американский математик Норберт Винер высказал убеждение,

что подобно тому, как сегодня записывается генетический код простейших микроорганизмов, когда-нибудь в будущем люди смогут в закодированном виде записать не только устройство своего тела, но и содержание мозга с содержащимися в нем впечатлениями, воспоминаниями, знаниями, - все то, что составляет наше индивидуальное «Я». Такую запись, как обычную телеграмму, можно передать по радио...» (В.С.Барашенков, 1988). Возможно, в обозримом будущем, с учетом того, что в 2006 году полностью расшифрован генетический код человека, гипотеза Винера будет технически реализована. Тогда исчезнет значительная часть проблем, связанных с покорением далеких космических объектов.

**107) Аналогия Уильяма Росса Эшби.** Выдающийся английский ученый У.Р.Эшби (1948) применил понятие о гомеостазе в сфере моделирования различных систем – биологических, технических и социальных по аналогии с концепцией У.Кеннона (1929) о «мудрости тела», в которой понятие о гомеостазе использовалось для объяснения ряда физиологических процессов. С.Я.Чикин в книге «Врачи-философы» (1990) пишет о У.Кенноне: «Им разработана также теория о гомеостазе, т.е. о «саморегуляции физиологических процессов». Под этим термином он понимал свойство организма поддерживать свое установившееся состояние, определенную функциональную способность отдельных органов и систем, основанную на устойчивости внутренней среды человека по отношению к воздействию на организм внешней среды. Впервые термин «гомеостаз» он ввел в 1929 г. в связи со своей концепцией «мудрости тела». В 1948 г. английский ученый У.Р.Эшби применил представление о гомеостазе при обосновании моделирования различных систем – биологических, технических, социальных и их обратных связей. Эта теория является основополагающей в кибернетике» (Чикин, 1990, с.278).

**108) Аналогия Джона фон Неймана.** Американский математик венгерского происхождения Джон фон Нейман (1948) дал набросок математического описания электронно-вычислительных машин благодаря тому, что по аналогии перенес в область теории думающих и самовоспроизводящихся автоматов математическую логику, разработанную к тому времени. Артур Беркс в книге фон Неймана «Теория самовоспроизводящихся автоматов» (1971), которую А.Беркс постоянно комментирует, объясняя, как Нейман пришел к мысли о переносе математической логики в теорию автоматов: «Тесная связь между математической логикой и автоматами была хорошо известна фон Нейману, когда он начал работать над теорией автоматов. Курт Гедель свел математическую логику к теории вычислений, показав, что фундаментальные понятия логики (такие, как хорошо сформулированная формула, аксиома, правило вывода, доказательство) по существу рекурсивны (эффективны). Рекурсивные функции – это те функции, которые можно вычислить на машинах Тьюринга. Таким образом, к математической логике можно подходить с точки зрения автоматов. И обратно, математическую логику можно использовать при анализе и синтезе автоматов. Логическую организацию автомата можно представить в виде структуры из идеализированных переключательных и задерживающих элементов, а затем записать в символах формальной логики. Из-за такой внутренней связи автоматов и логики математическая логика должна составить ядро теории автоматов. В самом деле, фон Нейман часто употреблял термин «логическая теория автоматов», а не просто «теория автоматов» (Беркс, 1971, с.45).

**109) Аналогия Джона фон Неймана.** Д.фон Нейман на закате своей жизни пришел к мысли о применении дифференциальных уравнений для описания непрерывных механизмов самовоспроизводящихся автоматов, по аналогии с исследованиями Алана Тьюринга. Как известно, А.Тьюринг использовал дифференциальные уравнения для описания процессов эмбрионального морфогенеза. Фон Нейман был хорошо знаком с работами А.Тьюринга. Ю.А.Данилов и Б.Б.Кадомцев в статье «Что такое синергетика?» (сборник «Нелинейные волны. Самоорганизация», Москва, «Наука», 1983) пишут: «А.Тьюринг в известной работе

[22] предложил одну из основных базовых моделей структурообразования и морфогенеза, породившую огромную литературу: систему двух уравнений диффузии, дополненных членами, которые описывают реакции между «морфогенами». Тьюринг показал, что в такой реакционно-диффузионной системе может существовать (периодическое в пространстве и стационарное во времени) распределение концентраций. В русле тех же идей – изучения реакционно-диффузионных систем – мыслил найти решение проблемы самоорганизации и Дж.фон Нейман. По свидетельству А.Беркса, восстановившего по сохранившимся в архиве фон Неймана отрывочным записям структуру самовоспроизводящегося автомата, фон Нейман «предполагал построить непрерывную модель самовоспроизведения, основанную на нелинейных дифференциальных уравнениях в частных производных, описывающих диффузионные процессы в жидкости. В этой связи интересно отметить, что фон Нейман получил не только математическое образование, но и подготовку инженера-химика» (Ю.А.Данилов и Б.Б.Кадомцев, 1983). Об этом же говорит сам Артур Беркс в книге фон Неймана «Теория самовоспроизводящихся автоматов» (1971): «...Фон Нейман хотел расширить сферу теории автоматов, чтобы включить в нее непрерывные механизмы. Он предполагал построить непрерывную модель самовоспроизведения, основанную на нелинейных дифференциальных уравнениях в частных производных, описывающих диффузионные процессы в жидкости» (Беркс, 1971, с.8). Здесь наиболее рельефно выступает аналогия фон Неймана, состоящая в стремлении перенести в теорию самовоспроизводящихся автоматов дифференциальные уравнения, моделирующие явление диффузии в физических (неживых) и биологических процессах.

**110) Аналогия Джона Холланда.** Д.Холланд (1960-е годы) пришел к идее об использовании генетических алгоритмов в компьютерных (машинных) программах решения различных научных и технических задач по аналогии с тем, как те же алгоритмы, то есть эволюционные методы решения задач, использует сама природа. Если до Д.Холланда ученые в основном создавали компьютерные программы, включающие эволюционные механизмы мутаций и отбора, то Д.Холланд включил в эти программы механизм рекомбинации генетического материала при спаривании особей. К началу 1990-х годов идея генетических алгоритмов приобрела черты концепции, суть которой Д.Холланд изложил в развернутой статье «Генетические алгоритмы» (журнал «В мире науки», 1992, № 9-10). В данной статье Д.Холланд объясняет, почему необходимо перенести алгоритмы биологической эволюции в область научного и технического творчества: «Живые организмы – прирожденные решатели задач. Универсальность их способностей не идет ни в какое сравнение даже с самыми лучшими компьютерными программами. Это особенно досадно для программистов-теоретиков, затрачивающих месяцы, а иногда и годы на создание какого-либо алгоритма, в то время как организмы легко справляются с задачей благодаря казалось бы слепому механизму эволюции и естественного отбора. Ученые-прагматики рассматривают замечательные возможности эволюции как нечто, чему следовало бы скорее подражать, нежели завидовать» (Холланд, 1992, с.32). «Поставив себе на службу механизм эволюции, - поясняет Д.Холланд, - исследователи смогут «выводить» программы, способные решать такие задачи, структуру которых ни один человек не может полностью осознать. В действительности, эти так называемые генетические алгоритмы уже продемонстрировали способность находить новаторские решения при конструировании таких сложных систем, как реактивные двигатели» (там же, с.32). Говоря о начале своих исследований в области генетических алгоритмов в 1960-х годах, Д.Холланд отмечает: «В те годы я занимался математическим анализом адаптации и пришел к убеждению, что рекомбинация групп генов при спаривании является важнейшим фактором эволюции. К середине 1960-х годов я разработал метод программирования – генетический алгоритм – который хорошо подходил для эволюционного процесса, обусловленного как спариванием, так и мутациями» (там же, с.32). В настоящее время исследователи предлагают перенести генетические алгоритмы в область моделирования нейронных сетей. Так, А.А.Олейник и С.А.Субботин в статье

«Автоматизированная система синтеза нейросетевых моделей на основе эволюционного подхода» (Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009) указывают: «...Для построения нейромоделей целесообразно использовать методы эволюционного поиска [5], которые являются стохастическими методами, основанными на аналогии с естественными эволюционными процессами, не выдвигают дополнительных требований к виду целевой функции, на каждой итерации работают с множеством решений, что позволяет во многих случаях более детально по сравнению с градиентными методами многомерной нелинейной безусловной оптимизации анализировать пространство поиска» (Олейник, Субботин, 2009, с.130).

**111) Аналогия Фридриха Цандера.** Ф.Цандер (1930) разработал первую модель двигателя для ракеты, предназначенной для выхода за пределы земной атмосферы, получившую название ОР-1, по аналогии с конструкцией паяльной лампы. Г.Я.Буш в книге «Методы технического творчества» (1972) пишет: «Метод реинтеграции (метод нити Ариадны) заключается в создании нового сложного технического объекта или процесса по аналогии с одной особо значащей деталью, операцией или простым техническим объектом. Известный изобретатель Ф.Цандер в 1930 г. создал свой ракетный двигатель ОР-1 по аналогии с паяльной лампой» (Г.Я.Буш, 1972). Об этой аналогии Ф.Цандера пишут многие авторы. В.Комаров в статье «ОР-1, первый ли» (сборник «Загадки звездных островов», 1990) указывает: «На вид ОР-1 не очень отличался от обыкновенной паяльной лампы. Это потому, что принцип действия и конструкция лампы использовались для подачи топлива, воздушно-бензиновой смеси в камеру сгорания. Первоначально удалось получить очень небольшую тягу, но по расчетам можно было получать тягу раз в 35 больше» (В.Комаров, 1990). В.П.Глушко в книге «Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР» (1987) повествует: «В 1930 г. Ф.А.Цандер из обыкновенной паяльной лампы построил первый советский лабораторный реактивный двигатель нового типа, назвав его ОР-1 (опытный реактивный). Двигатель работал на сжатом воздухе и бензине и развивал тягу до 145 Гс. Позже он разрабатывал жидкостные ракетные двигатели для работы на жидком кислороде и бензине» (В.П.Глушко, 1987).

**112) Аналогия Вернера фон Брауна.** Немецкий изобретатель, создатель ракет ФАУ-1 и ФАУ-2 Вернер фон Браун (1940-е годы) решил проблему топливных насосов для своих ракет, когда по аналогии перенес в эти ракеты центробежный насос, использовавшийся пожарниками. Этот перенос ему подсказали рабочие завода, выпускающего насосы, но Вернер вполне сознательно обратился к ним за помощью, чтобы получить подобную подсказку. Вили Лей в книге «Ракеты и полеты в космос» (1961) повествует: «...Постоянно говорил о проблеме топливных насосов и Оберт, но построить такой насос казалось почти невозможным, тем более, что он должен был выполнять ряд функций: подавать компоненты топлива, одним из которых являлся сжиженный газ, под давлением порядка 21 атм и перекачивать более 190 л топлива в секунду. Кроме того, он должен был быть достаточно простым по конструкции и очень легким, а в довершение всего насос должен был запускаться на полную мощность в течение очень короткого (6 секунд) промежутка времени. Единственным облегчением было то, что насосная система должна была работать немногим более 1 минуты. Когда фон Браун излагал требования, предъявляемые к насосам, персоналу завода, выпускающего насосы, он невольно ожидал возражений, что подобные требования невыполнимы. Вместо этого все слушали молча, а когда начали выступать специалисты по насосам, оказалось, что требуемый насос напоминает один из видов пожарного насоса. Существующие образцы центробежных пожарных насосов и были положены в основу при проектировании ракетных топливных насосов» (В.Лей, 1961).

**113) Аналогия Сергея Королева и Валентина Глушко.** Сергей Королев и Валентин Глушко (1947) создали первые автоматически управляемые баллистические ракеты дальнего действия

по аналогии с серийной баллистической ракетой «Фау-2» со стартовой массой 12700 кг, изобретенной Вернером фон Брауном и Клаусом Риделем (1942) в Германии. Баллистическими называются ракеты, которые управляются только на начальном участке полета. После выключения двигателей она летит как свободно брошенный камень. С.Лилли в книге «Люди, машины и история» (1970) указывает: «В частности Вернер фон Браун, вступивший в ряды членов этого общества в 1930 году, был назначен в 1937 году техническим директором Ракетного центра в Пинемюнде, где под его руководством проектировавшаяся экспериментальная ракета была переделана в оружие массового уничтожения – в ракету «ФАУ-2». Первая такая экспериментальная ракета была запущена в 1942 году, а в 1944 году началась бомбардировка с большого расстояния Лондона и других городов. Эти ракеты могли взлетать на высоту около 200 км» (Лилли, 1970, с.350). Далее С.Лилли говорит об аналогии Королева и Глушко: «Не требовалось особой проницательности, чтобы увидеть то, что ракета «ФАУ-2» после небольшой доработки превращалась в стартовую ракету для космических кораблей или межконтинентальную баллистическую ракету» (там же, с.350). Со слов С.Лилли, Вернер фон Браун непосредственно руководил созданием баллистических ракет в США: «Самые удачные американские ракеты-носители были разработаны на основе «ФАУ-2» под его руководством. В руки русских тоже попал ряд германских экспертов по ракетам. Получив у немцев как можно больше сведений, русские отпустили их домой. Пополнив таким образом накопленные знания по ракетной технике, советские специалисты еще энергичнее и настойчивее стали работать в этом направлении» (Лилли, 1970, с.350).

**114) Аналогия Сергея Королева.** С.П.Королев (1958) пришел к выводу об использовании в космических ракетах жидкостных двигателей, способных включаться и выключаться в полете по несколько раз, по аналогии с использованием данных двигателей, разработанных С.А.Косбергом, на военных самолетах. Я.Голованов в книге «Королев: факты и мифы» (1994) пишет о Семене Ариевиче Косберге: «Он строит опытные реактивные двигатели для самолетов А.И.Микояна и А.С.Яковлева. Короче, как говорится, у Косберга – своя компания, у Королева – своя. Но вот в 1956 году Косберг в своем Воронеже создает два авиационных жидкостных ракетных двигателя, которые могли включаться и выключаться в полете по несколько раз. Отчет по испытаниям этих двигателей попался на глаза Королеву, и он понял, что их автор как раз тот человек, который ему нужен. Они встретились и... И Косберг, совершенно неожиданно для всех, знавших его, переключился вдруг на ракетно-космическую тематику. В тесном контакте с ОКБ Королева и, прежде всего, с отделом ЖРД, которым руководил Михаил Васильевич Мельников, уже начавший работу над двигателем блока «И», Косберг в невиданно короткие сроки – девять месяцев! – двигатель этот сдает на испытания. Это был первый наш ракетный кислородно-керосиновый двигатель, который должен был запускаться не на Земле, и даже не в небе, а выше неба – практически в вакууме» (Голованов, 1994, с.545).

**115) Аналогия Сергея Королева.** С.П.Королев склонился к заключению о возможности обеспечения безопасной посадки космического аппарата с помощью твердотопливных двигателей, включающихся, когда торчащий из корабля металлический штырь длиной 120 сантиметров касается земли, по аналогии с использованием подобных двигателей и штыря при посадке различной техники в десантных войсках. Таким образом, способ посадки техники, применяемый в военной области, С.П.Королев по аналогии перенес в область космонавтики. Я.Голованов в книге «Королев: факты и мифы» (1994) указывает: «Восход» - это переделанный «Восток», но переделанный довольно основательно. Кроме кресел с амортизаторами, безопасную посадку должны были обеспечить твердотопливные двигатели мягкой посадки, которые срабатывали, когда штырь длиной 120 сантиметров, торчащий из корабля, касался земли. Опыт в создании таких двигателей уже существовал у инженеров,

работающих над проблемами приземления различной техники в десантных войсках. Королев быстро наладил с ними связи» (Голованов, 1994, с.719).

**116) Аналогия Сергея Королева.** С.П.Королев высказал предположение о том, что лунный грунт является твердым, в связи с чем исчезала необходимость в конструировании специального посадочного устройства для лунного автомата, по аналогии с твердым грунтом Земли. Предположение С.П.Королева является примером идеи, практически лишенной каких-либо посылок, идеи, выбранной наугад. Если вспомнить об аргументации сторонников концепции интуиции, которые постулируют существование идей, не основывающихся на каких-либо посылах, то нужно обратить внимание на следующий момент. Идеи и гипотезы, лишенные исходных посылок, возникшие как бы на пустом месте, действительно существуют, но они возникают в случае мышления наугад, в рамках метода проб и ошибок (при существенном значении фактора случая), а вовсе не благодаря каким-то подсознательным умственным процессам, которые невозможно рационально реконструировать и описать. Идея С.П.Королева о характере лунного грунта – пример идеи, связанной с применением указанного метода проб и ошибок. Б.В.Раушенбах в книге «Герман Оберт» (1993) пишет: «Когда велось проектирование первых автоматов для посадки на Луну, то важным был вопрос о характере лунного грунта. В зависимости от ответа на этот вопрос совершенно разный облик получали посадочные устройства. На многочисленных совещаниях по этому вопросу мнения планетологов разделились: одни считали лунный грунт твердым, наподобие земного, а другие утверждали, что Луну покрывает толстый слой тончайшей пыли и после посадки лунный автомат способен «утонуть» в ней, если не принять необходимых конструктивных мер (например, сделать посадочное устройство наподобие больших надувных «матрацев»). Голоса специалистов поделились приблизительно поровну. На последнем совещании по этому поводу, которое вел Королев, ситуация не изменилась. Но делать лунный автомат было нужно, терять время на продолжение бесплодных дискуссий не имело смысла, и Королев решил: «будем считать лунный грунт твердым». Это решение вызвало негодование половины специалистов как совершенно необоснованное. Но Королев оказался прав. Что позволило принять ему правильное решение при отсутствии достоверной информации? Сегодня ответа на этот вопрос не существует. Можно было бы считать, что он выбрал вариант «на авось» и угадал случайно» (Б.В.Раушенбах, 1993).

**117) Аналогия Бориса Евсеевича Чертока.** Известный конструктор оборудования для ракет Б.Е.Черток (1947) пришел к идее использования автоматической системы астронавигации в крылатых межконтинентальных ракетах по аналогии с применением такой системы в довоенных бомбардировщиках ДБ-А. В книге 1-ой своей монографии «Ракеты и люди» (1999) Б.Е.Черток повествует: «С проблемой астронавигации я впервые столкнулся в 1937 году при подготовке перелета через Северный полюс в Америку на нашем новом четырехмоторном бомбардировщике ДБ-А, получившем полярный индекс «Н-209». Командира самолета Сигизмунда Леваневского этот вопрос не волновал, но штурман Виктор Левченко требовал от меня, а я был ведущим инженером наземного экипажа по электрорадиооборудованию, в том числе навигационному, чтобы самолет имел астрокупол и солнечный указатель курса. Солнечный указатель курса (СУК) мы дорабатывали по указанию Левченко и с ним вместе выбирали в носовой части фюзеляжа – в кабине штурмана – место для астрокупола. Когда дело дошло до звездного секстанта, Левченко согласился его включить в состав оборудования, но заметил, что вряд ли им придется пользоваться. Пока над полюсом полярный день, звезды практически не видны, а через купол (если он помутнеет, запотеет или обледенеет) их вовсе не разглядеть, даже ночью до полярного круга. Эти события вспомнились через десять лет – в конце 1947 года – в связи с проблемой управления пока довольно абстрактной крылатой ракетой» (Б.Е.Черток, 1999). «Споры, - продолжает Б.Е.Черток, - вокруг проблем управления крылатыми ракетами шли горячие. Вот тогда-то я и вспомнил об астрокуполе самолета Н-209 и хвостовство штурмана Левченко, что в ясную

звездную ночь он с помощью звездного секстанта может определить свое географическое место с ошибкой не более 10 км. Работа штурмана заключалась в том, чтобы отыскать на ночном небосводе заранее определенные для северного полушария «навигационные» звезды, замерить с помощью звездного секстанта высоты не менее чем двух звезд, определить точное время замера по хронометру, а затем специальными, не очень простыми расчетами и графическими построениями по карте определить свои координаты» (Б.Е.Черток, 1999).

**118) Аналогия Гавриила Илизарова.** Г.А.Илизаров (1951) разработал конструкцию аппарата для лечения переломов костей человека по аналогии со способом крепления оглоблей и хомута, обнимающего шею лошади. А.К.Сухотин в книге «Парадоксы науки» (1980) пишет: «Читатель, вероятно, слышал об аппарате курганского врача Г.Илизарова для сращивания переломов. Вместо гипса, который сковывает движения, нарушает кровообращение, вообще очень неудобен, используется особый прибор. Он крепит с обеих сторон сломанную кость, не давая обломкам смещаться. Это позволяет двигать больной конечностью (при переломах ноги, например, ходить). Оттого срастание идет много быстрее, чем с применением гипса. Сейчас на основе идей Г.Илизарова в Кургане создан институт, разрабатывающий новый метод лечения. Открытие же состоялось так. Изобретатель, молодой сельский врач, мучительно переживал несовершенства традиционного способа лечения переломов и пытался внести в него новое. Думал об этом постоянно: у постели больного, в поездках по окрестным селам, ночью. Провел сотни экспериментов. А решение пришло совершенно неожиданно. Г.Илизаров ехал в телеге к больному. В пути он обратил внимание на то, как крепится к оглоблям хомут, обнимающий шею лошади. Вдруг осенило! Хомут-оглобли-стержни... Как просто! Это именно то, чего ему не доставало в поисках аппарата. Вместо гипса два кольца, стержни (идущие параллельно сломанной кости) и спицы. Стержни крепятся к кольцам, а спицы прошивают обломки кости крестообразно от одного кольца к другому. Все это вместе надежно соединяет сломанную кость, беря на себя большую нагрузку, которую она обычно выдерживает. Приехав домой, Г.Илизаров тут же помчался в сарай, сломал черенок лопаты и скрепил обломки спицами, которые соединил дугами для скелетного вытяжения. Черенок держался прочно, как будто и не был сломан» (А.К.Сухотин, 1980).

**119) Аналогия Артема Микояна.** Советский конструктор А.Микоян (1947) разработал надежный, неприхотливый и высокоскоростной самолет-истребитель МИГ-15, в котором использовал стреловидное крыло, по аналогии со стреловидными крыльями таких самолетов, как германский перехватчик Ме-163 (создан Вилли Мессершмиттом) и советский истребитель Ла-160 (создан С.А.Лавочкиным). М.С.Арлазоров в книге «Артем Микоян» (1978) пишет: «В 1935 году на международном конгрессе в Риме аэродинамики весьма равнодушно выслушали доклад немецкого исследователя Буземана об эффекте стреловидности. Они не угадали его будущности. Реальный результат объявил о себе в 1942 году на официальных испытаниях германского перехватчика Ме-163, построенного по схеме бесхвостки. Крыло Ме-163 имело стреловидную переднюю кромку. Ракетный двигатель этого самолета развивал большую тягу. Таким образом, в полетах на максимальную скорость немцы, по существу, испытали стреловидные крылья. Как боевая единица Ме-163 оказался очень несовершенным и практической роли не сыграл. Но развивая скорость порядка тысячи километров в час, этот самолет существенно обогатил представления аэродинамиков о возможностях стреловидного крыла» (Арлазоров, 1978, с.76). «Опытный самолет С.А.Лавочкина Ла-160, - продолжает М.С.Арлазоров, - успешно взлетев, подтвердил правильность решения, которое коллективно искала вся советская авиация. Спустя три месяца были построены боевые стреловидные истребители Ла-15 и МИГ-15. Конструкторские и технологические решения, найденные в микояновском КБ, превратили стреловидное крыло в конструкцию – труженицу. Право на серию получили оба самолета, но массовым истребителем советских ВВС стал МИГ-15» (там же, с.77).

**120) Аналогия Артема Микояна.** А.Микоян пришел к идее об увеличении скорости военного самолета МИГ-15 методом дожигания топлива в специальной форсажной камере по аналогии с использованием данного метода повышения тяги в истребителе И-250 (МИГ-13, разработанный в 1945 г.). М.С.Арлазоров в книге «Артем Микоян» (1978) указывает: «Борьба за скорость потребовала наращивания мощности и совершенствования аэродинамики. Мощность решили взять форсажем – дожиганием топлива в специальной форсажной камере, очень эффективной при больших скоростях полета, на взлете и в особо ответственные мгновения воздушного боя. Форсажные камеры повышали в таких случаях тягу примерно на 30-40 процентов. Микояна не случайно привлек именно этот вариант. Зародыш форсажной камеры использовался и в мотокомпрессорном двигателе истребителя И-250. Возможность выиграть в скорости, не проиграв в весовых характеристиках, выглядела на редкость заманчивой. Модернизируя конструкцию и исследуя преграды на пути увеличения скорости, Артем Иванович превращал МИГ-15 в следующего члена этой обширной семьи – МИГ-17. Завершение этого этапа позволило начать штурм звукового барьера» (М.С.Арлазоров, 1978, с.99).

**121) Аналогия Станислава Улама.** Известный польский математик С.Улам (1947, 1955) выдвинул гипотезу о создании космического корабля, приводимого в движение ядерными взрывами, по аналогии с использованием энергии ядерного взрыва в атомной бомбе. Кроме того, С.Улам руководствовался аналогией с фантастическим проектом Жюль Верна, изложенным в его романе «С Земли на Луну». В этом романе энергия взрыва пушки использовалась для полета за пределы земной атмосферы. М.Попов и А.Первушин в статье «Верхом на бомбе» (журнал «Мир фантастики», 2006, № 7) пишут: «Насколько бы фантастичным ни казался лозунг «через бомбы – к звездам», факты говорят сами за себя. «Отцом» взрыволетов считается польский математик Станислав Улам (1909-1984). Его все чаще вспоминают как одного из теоретиков водородной бомбы, однако Улам считал своим величайшим изобретением именно «взрывной» космический двигатель. Ученый описал это устройство в 1947 году, вдохновившись, по его собственным словам, романом Жюль Верна «С Земли на Луну» (М.Попов, А.Первушин, 2006). И.А.Андрюшин, А.К.Чернышев, Ю.А.Юдин в книге «Укрощение ядра» (2003) подчеркивают: «Идея «атомного двигателя» возникла в общем виде в 30-е годы 20 века. По-видимому, Станислав Улам и Фредерик де Хоффман впервые провели серьезные исследования по проблеме атомного двигателя для космических полетов в 1944 году, когда они работали по проекту «Манхэттен». В течение четверти века КАЭ США, а затем министерство энергетики рассматривали различные проекты ядерных двигателей для ракет...» (И.А.Андрюшин, А.К.Чернышев, 2003). Сам С.Улам в книге «Приключения математика» (2001) отмечает: «Где-то в 1955-ом мы с Эвереттом написали работу о космическом корабле, приводимом в движение последовательными взрывами малых ядерных зарядов. Мы даже получили патент на эту идею, выданный КАЭ» (Улам, 2001, с.220).

**122) Аналогия Эдварда Теллера.** Э.Теллер пришел к идее водородной бомбы по аналогии с работами Клауса Фукса, который в 1946 г. запатентовал идею технического использования огромного выхода энергии в реакции синтеза водорода из гелия. Г.А.Гончаров в статье «Основные события истории создания водородной бомбы в СССР и США» (УФН, 1996, октябрь) пишет: «Весной 1946 года в процессе работ по «классическому суперу» было сделано новое изобретение, оказавшееся, как стало ясным впоследствии, изобретением исключительного значения. Клаус Фукс при участии Джона фон Неймана предложил использовать в «классическом суперу» новую систему инициирования. Эта система включала в себя дополнительный вторичный узел из жидкой ДТ-смеси, которая нагревалась, сжималась и в результате зажигалась энергией излучения первичной атомной бомбы» (Г.А.Гончаров, 1996). «В 1944 году, - продолжает Г.А.Гончаров, - Д.фон Нейман предложил заменить в

автокаталитической системе Э.Теллера бор-10 на ДТ-смесь, рассчитывая, что в условиях атомного взрыва в результате нагрева и ионизационного сжатия будет происходить термоядерное зажигание ДТ-смеси, которое приведет к увеличению числа делений в атомной бомбе. Предложение Д.фон Неймана было важным шагом на пути создания атомной бомбы с термоядерным усилением. А весной 1946 года К.Фукс, размышляя над улучшением условий инициирования «классического супера» и рассматривая для этой цели применение первичной атомной бомбы пушечного типа, усиленной по схеме Д.фон Неймана, предложил вынести ДТ-смесь из урана-235 в прогреваемый излучением отражатель из окиси бериллия» (Г.А.Гончаров, 1996). Со слов Г.А.Гончарова, «конфигурация Клауса Фукса – первая физическая схема, использующая принцип радиационной имплозии, явилась прообразом, прототипом будущей конфигурации Теллера-Улама» (Г.А.Гончаров, 1996). Аналогия Теллера представляла собой прямое заимствование (ассимиляцию) схемы Фукса, что подтверждает Г.Горелик в статье «Люди и бомба: две параллели между тремя перпендикулярами» (журнал «Знание-сила», 2000, № 9): «Глядя на эту схему «вооруженным глазом», можно понять резон Теллера, когда он говорил об «относительно небольшой модификации идей, известных в 1946 году». Соответственно, появляется основание признать Фукса дедом водородных бомб – и американской, и советской (и британской, которой он занимался по штату)» (Г.Горелик, 2000).

**123) Аналогия Мечислава Вольфке.** М.Вольфке (1920) выдвинул идею голографического метода получения изображений, правда, не называя данный метод голографическим, по аналогии с оптическими исследованиями известного оптика Э.Аббе, в которых содержались намеки на возможность восстановления изображений предметов на основе явления дифракции. С.Ф.Шушурин в статье «К истории голографии» (УФН, сентябрь 1971 г.) говорит: «Если в литературе часто отмечается, что Д.Габор развил идею У.Л.Брэгга, то совершенно умалчивается об ином пути развития идеи – о работах Э.Аббе и М.Вольфке. Не умаляя значения большого вклада Д.Габора в развитие голографии, можно совершенно определенно утверждать, что в принципе идея голографического метода получения изображений была выдвинута и экспериментально проверена польским физиком Мечиславом Вольфке и опубликована за 28 лет до работ Д.Габора, т.е. в 1920 г. В подходе М.Вольфке основные принципы и идеи голографии были результатом естественного синтеза исследований в области рентгеноструктурного анализа и теории оптического изображения, создаваемого микроскопом» (Шушурин, УФН, 1971, с.145).

**124) Аналогия Денниса Габор.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1971 год Деннис Габор (1948) сформулировал идею голографии – идею получения трехмерного изображения предметов за счет записи фазы световой волны по аналогии с идеей У.Брэгга о создании рентгеновского микроскопа, в котором воспроизводилась бы фаза рентгеновской волны. Первоначально Д.Габор ставил перед собой задачу восстановления с помощью светового пучка изображения предмета, полученного в электронном микроскопе, по аналогии с предложением У.Брэгга восстанавливать с помощью светового пучка изображения предмета, полученного в рентгеновском микроскопе с помощью рентгеновских лучей. Затем Д.Габор осознал, что принцип голографии по своему значению выходит далеко за пределы этой задачи. С.Ф.Шушурин в статье «К истории голографии» (УФН, сентябрь 1971 г.) пишет: «Как отмечает сам Д.Габор, общая идея метода голографии в электронной микроскопии как двухступенчатого процесса, «в котором предмет регистрируется с помощью пучка электронов, а восстанавливается с помощью светового пучка», возникла как модификация идеи У.Л.Брэгга, изложенной в 1942 г. в статье «Рентгеновский микроскоп», в которой предлагался метод визуализации кристаллической решетки с помощью процесса дифракции на дифракционной картине, полученной в рентгеновских лучах. В более зачаточном виде эта идея была сформулирована У.Л.Брэггом еще раньше, в 1939 г., в статье «Новый тип рентгеновского микроскопа» (Шушурин, УФН, 1971, с.145). В своей Нобелевской лекции

«Голография» (УФН, январь 1973 г.) Д.Габор указывает: «Выдвигая свое предположение, я опирался на работы двух крупнейших физиков – Уильяма Брэгга и Фрица Цернике. Несколькоми годами раньше Брэгг показал мне «рентгеновский микроскоп», который представлял собой оптическое устройство, выполняющее преобразование Фурье. Если в такое устройство поместить небольшую фотографию обратной решетки, то на экране можно получить проекцию распределения концентрации электронов, правда, только для некоторых исключительных случаев, когда значения всех фаз действительны и имеют один и тот же знак. В то время ни я, ни Брэгг не знали, что Мечислав Вольфке предложил этот метод еще в 1920 г., но не реализовал его экспериментально. Поэтому я считаю, что именно Брэгг натолкнул меня на идею о двухступенчатом методе» (Габор, УФН, 1973, с.8).

**125) Аналогия Эммета Лейта и Юриса Упатниекса.** Э.Лейт и Ю.Упатниекс (1962) решили проблему разделения двух изображений в оптической голографии по аналогии с решением подобной проблемы в области радиосвязи. Л.М.Сороко в статье «Голография и интерференционная обработка информации» (УФН, 1966, сентябрь) отмечает: «Лишь в 1962 г. проблема разделения двух изображений была полностью решена Э.Лейтом и Ю.Упатниексом, которые при устранении этого недостатка голографии использовали понятия и принципы теории радиосвязи. Успех такого сочетания оптики и радиотехники был блестящим. Идеи голографии были фактически возрождены» (Сороко, УФН, 1966, с.4).

**126) Аналогия Юрия Денисюка.** Одной из исходных посылок метода записи голограмм в трехмерной среде, разработанного Ю.Н.Денисюком (1962) была аналогия с идеей, изложенной в научно-фантастическом рассказе И.А.Ефремова «Тень минувшего» (1945), с которым ознакомился известный физик и изобретатель. Суть идеи заключалась в создании копии реальных предметов, не отличимой от оригинала. И.Л.Радунская в книге «Крушение парадоксов» (1971) воспроизводит рассказ Ю.Н.Денисюка об истории своих голографических исследований: «А в это время мне попался научно-фантастический рассказ. Его герой научился создавать копии реальных предметов, не изображения, а именно копии. Точные копии, не отличимые от оригинала. Меня как обухом ударило. Возможно, я подсознательно стремился к чему-то подобному. Зерно попало в подготовленную почву. Мне казалось, я могу, я должен этого достичь. Конечно, такое в план не включишь. И я решил идти в аспирантуру» (И.Л.Радунская, 1971). «Мне захотелось, - цитирует И.Л.Радунская Денисюка, - найти способ отображать реальные предметы так полно, чтобы в отображении содержались мельчайшие особенности оригинала. Фотография не способна к этому. Она показывает лишь плоские мертвые тени. Иероглиф или письменный текст дают в каком-то смысле больше» (И.Л.Радунская, 1971). Необходимо отметить, что об этой аналогии Ю.Н.Денисюка пишут многие авторы. Г.Альтов в статье «Гадкие утята фантастики» (сборник «Полюс риска», 1970) констатирует: «Тут мне хотелось бы вспомнить рассказ И.Ефремова «Тень минувшего». Героям этого рассказа удастся увидеть изображения, возникшие миллионы лет назад на смолистой стене пещеры. Классический пример «невозможной» фантастики. А ведь как заманчиво! Вот сейчас я сижу в комнате, и свет, отражаясь от меня, падает на стены. Неужели отражение исчезает совершенно бесследно? Неужели его нельзя как-то «задержать», а потом «проявить»? Аспирант из Ленинграда Юрий Николаевич Денисюк прочитал рассказ Ефремова, забросил почти готовую и вполне «проходную» диссертацию и взялся за тему, которую маститые профессора считали абсолютно безнадежной. Закончилась эта история тем, что член-корреспондент Академии наук СССР Ю.Н.Денисюк был удостоен Ленинской премии за открытие голографии» (Г.Альтов, 1970). П.Амнуэль в статье «Научная фантастика и фантастическая наука» (электронный сайт «Русский переплет») подчеркивает: «Константин Циолковский никогда не скрывал, что своими идеями о полете в космос на ракетах обязан роману Жюль Верна «С Земли на Луну». Юрий Денисюк, изобретатель голографии, никогда не скрывал, что на идею создания объемных изображений его натолкнул рассказ Ивана Ефремова «Тень минувшего» (П.Амнуэль, сайт «Русский переплет»). А.Константинов в

статье «Светозарный мост (о жизни, творчестве и идейном наследии И.А.Ефремова)» (альманах «Наперекор», 2000-2001) отмечает: «Хрестоматийным стал случай с открытием голографии под воздействием рассказов (повестей) «Тень минувшего» и «Звездные корабли», в которых описываются объемные изображения и общий принцип их создания. Примерно в одно время с опубликованием «Звездных кораблей» известный физик Денис Габор выдвинул теоретическое обоснование объемной фотографии, а создатель практической голографии Ю.Н.Денисюк позже признавался: «С дерзостью, свойственной молодости, я решил придумать себе интересную тематику, взявшись за какую-то большую, стоящую на грани возможности оптики задачу. И тут в памяти всплыл полузабытый научно-фантастический рассказ И.А.Ефремова: производя раскопки, палеонтологи находят старинную плиту, над которой парит в воздухе объемный портрет пришельца из чужого мира, погибшего миллионы лет тому назад» (А.Константинов, 2001).



«Эйнштейн еще в молодости сказал, что есть индуцированное излучение. Все думали, что это просто. Но самое интересное – никто не сказал, что можно на этой основе сделать генератор. Понимаете? Это принципиальная вещь, генератор монохроматического излучения. Это как раз и являлось краеугольным камнем в развитии лазерной техники».

А.М.Прохоров о своей работе

**127) Аналогия А.М.Прохорова и Н.Г.Басова.** А.М.Прохоров и Н.Г.Басов (1952, 1954) открыли метод получения индуцированной эмиссии, который позволил им создать источники мазерного и лазерного излучения, по аналогии со своими экспериментами, преследовавшими цель увеличить разрешающую способность радиоспектрометров. С помощью этих приборов ученые изучают тонкую и сверхтонкую структуру спектров молекул. Конструкция первого молекулярного генератора усиленного сигнала, созданная советскими учеными, являлась аналогией пучкового радиоспектроскопа. Отличие состояло лишь в наличии у названного молекулярного генератора устройства для сортировки молекул. Когда Басов и Прохоров поняли, что чувствительность радиоспектрометров можно повысить путем искусственного изменения населенности уровней, они по аналогии догадались использовать это изменение и для получения индуцированной эмиссии. Индуцированное изменение населенности уровней – это такое изменение, при котором невозбужденные атомы переводятся в состояние возбужденных так, что число атомов, находящихся на высоком энергетическом уровне, превосходит число низкоэнергетических атомов. В.В.Осико в книге «Александр Михайлович Прохоров» (2006) пишет: «Понятия о генерировании монохроматического, когерентного и узконаправленного излучения, что, собственно, и характеризует лазер, в оптике не возникало и не могло в то время возникнуть. Эти идеи и понятия пришли из радиофизики и радиоспектроскопии вместе с понятиями о монохроматическом излучении, инверсной населенности, резонаторах, усилении и генерации радиоизлучений в середине 50-х годов 20 века» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.21). Об этом же пишет супруга А.М.Прохорова Г.А.Прохорова: «Следует отметить, что физики уже имели опыт работы с атомарным и молекулярным пучками. Более того, с помощью электрических или магнитных полей можно было получать атомы и молекулы в каком-либо определенном состоянии, в частности в возбужденном. Закономерно, что к идее молекулярного генератора, а затем и лазера, пришли радиофизики, а не оптики, хотя для создания последнего имелся весь необходимый экспериментальный и теоретический задел в 30-е годы и некоторые ученые подходили к задаче весьма близко» (там же, с.54). Точка зрения В.В.Осико и Г.А.Прохоровой согласуется с реконструкцией Н.В.Карлова, который в той же книге указывает: «...Перенос радиометодов в оптический диапазон позволил впервые в оптике создать мощный источник монохроматических колебаний. И тогда в оптике начала явственно вырисовываться та

техническая революция, зародышем которой явились первые аммиачные молекулярные генераторы» (там же, с.142). Сам А.М.Прохоров в своей лекции «Квантовая электроника», прочитанной при вручении Нобелевской премии в 1964 году, говорит: «Именно ученые, работавшие в области радиоспектроскопии, заложили основы квантовой электроники. Чем это объяснить? Здесь имеется ряд благоприятных обстоятельств, которых не было у ученых, работавших в области оптической спектроскопии» (там же, с.325). Что касается создания мазера (источника когерентного радиоволнового излучения) на базе аммиака, то использование аммиака было подсказано Прохорову и Басову М.А.Леонтович. В книге «Воспоминания об академике А.Б.Мигдале» (2003) В.А.Трубников пишет: «Как известно, из школы Леонтовича вышло несколько академиков: Н.Г.Басов и А.М.Прохоров (работая в его отделе в ФИАНе, они однажды пришли к нему и сказали, что у них не получается мазер, и Леонтович сказал им: «А вы попробуйте взять аммиак», - и мазер получился)...» («Воспоминания об академике А.Б.Мигдале», 2003, с.131).

**128) Аналогия Александра Прохорова.** А.М.Прохоров (1958) пришел к идее о применении в лазерной технике в качестве резонатора интерферометра Фабри-Перо по аналогии с применением интерферометра Фабри-Перо в оптике для совершенно других целей. В.В.Осико в книге «Александр Михайлович Прохоров» (2006) подчеркивает: «В 1958 г. А.М.Прохоров впервые предложил использовать в качестве резонатора пару плоских параллельных пластин-зеркал, так называемый открытый резонатор. Такая пара зеркал использовалась ранее в оптике в качестве весьма распространенного инструмента, так называемого интерферометра Фабри-Перо, но совершенно для других целей. Создание открытого резонатора снимало последнее ограничение для продвижения в оптическую область спектра и, по существу, завершало собой построение фундамента лазерной физики» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.22). Об этой же аналогии А.М.Прохорова говорит его супруга Г.А.Прохорова: «Нужна была радиофизическая культура А.М.Прохорова, чтобы разглядеть в широко распространенном в оптике интерферометре Фабри-Перо, который использовался там как узкополосный спектральный фил-фильтр, новый тип открытого резонатора для широкого диапазона длин волн от миллиметрового до ультрафиолетового» (там же, с.54). Мнение В.В.Осико и Г.А.Прохоровой подтверждается точкой зрения К.А.Валиева, который в той же книге констатирует: «Путь для продвижения в оптический диапазон спектра был открыт с появлением идеи А.М.Прохорова об использовании резонатора нового типа. В качестве такого резонатора он предложил использовать два плоскопараллельных зеркала – так называемый открытый резонатор. Это стало крупнейшим открытием, позволившим приступить к созданию мазеров субмиллиметрового, инфракрасного и оптического диапазонов. Предложение А.М.Прохорова было опубликовано в середине 1958 г.» (там же, с.121). Сам Прохоров признается, что в результате аналогии он нашел новое применение интерферометру Фабри-Перо: «...Некоторые сказали: ничего особенного здесь нет, это же нормальный интерферометр Фабри-Перо, что вы хотите? Но дело в том, что ведь нужно было догадаться, что интерферометр Фабри-Перо можно использовать как резонатор. Это нужно было сообразить» (там же, с.388). Отметим, что резонатор выполняет в лазере функцию создания инверсной населенности за счет воздействия на молекулы электромагнитного излучения резонансной частоты.

**129) Аналогия Александра Прохорова.** А.М.Прохоров (1964) пришел к мысли о создании лазера, работающего на основе явления возникновения гамма-излучения в результате аннигиляции сталкивающихся электрона и позитрона, по аналогии с обычным лазером и мазером. В своей Нобелевской лекции (1964) он говорит о таком аннигиляционном лазере: «Работа такого генератора, как было уже сказано, связана с двухквантовыми переходами, вероятность которых достаточно велика, если плотность поля значительна. (...) И здесь мы можем найти аналогию с обычными ламповыми генераторами радиодиапазона, которые при

некоторых условиях могут самовозбуждаться, если на них сначала воздействовать внешней силой определенной величины» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.328).

**130) Аналогия Александра Прохорова.** А.М.Прохоров, М.А.Казарян и В.В.Савранский пришли к идее о создании лазерного проекционного микроскопа по аналогии с использованием лазера в других областях техники. Интересно, что новый вид микроскопа появляется обычно после открытия нового вида излучения или элементарных частиц. Например, открытие Д.Д.Томсоном электронов привело впоследствии к изобретению электронного микроскопа. М.А.Казарян в книге «Александр Михайлович Прохоров» (2006) пишет: «Начну хронологически: первая статья, посвященная разработке лазерного проекционного микроскопа, которая у нас с Александром Михайловичем поступила в печать, была выполнена в содружестве и по предложению В.В.Савранского. Эта первая работа касалась как раз чисто междисциплинарной проблемы, на которую обратили мы внимание, она выполнена на стыке достижений квантовой электроники, медицины и биологии. Нам тогда удалось впервые в мире наблюдать живые биологические клетки на большом экране, при увеличении в десять тысяч раз. Ранее – в обычной микроскопии – такие эксперименты были невозможны. Ведь, как известно, в ней для получения больших увеличений требуется квадратично увеличивать поток освещаемой мощности и, следовательно, любой микрообъект, тем более биологический объект, подвергается в конце концов деструкции» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.211). «Поэтому, - поясняет М.А.Казарян, - СССР явился мировым лидером: сам лазер и лазерный проекционный микроскоп, созданный на его основе, выставлялись во многих странах мира. Первый экземпляр с рекламными данными появился еще в 1975 г. и был представлен для демонстрации на выставке за рубежом, в Западной Германии...» (там же, с.213).

**131) Аналогия Александра Прохорова.** А.М.Прохоров выдвинул идею об использовании азотного лазера, имеющего небольшие габариты, при лечении туберкулеза по аналогии с лечением данного заболевания с помощью жесткого ультрафиолетового излучения. Г.П.Кузьмин в книге «Александр Михайлович Прохоров» (2006) вспоминает: «Я показал азотный лазер Александру Михайловичу, и он говорит: «Да, это хорошо, здорово. Но его же очень удобно применить для лечения туберкулеза». Я спрашиваю: «Как?» - «А сейчас вот в Ташкенте есть люди с подобными мыслями. Жесткое ультрафиолетовое излучение заводится непосредственно в полость туберкулезной каверны через иглу шприца, по волокну. Получаются очень хорошие результаты. Давай, если хочешь, поучаствуй» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.223). «За последние 15 лет, - аргументирует Г.П.Кузьмин, - не появилось ни одного нового лекарственного препарата для борьбы с палочкой Коха. Поэтому пациенты, которые обладали такой резистивностью к лекарствам, оказались просто обреченными. Это действительно так. А у нас физический способ воздействия, когда бактерию туберкулеза уничтожает ультрафиолет. И тут, как говорится, излечение неизбежно. К сегодняшнему моменту за последние 10 лет – накопилось более полутора тысяч вылеченных пациентов. И мы дошли до стадии, когда на эту методику получено разрешение Министерства здравоохранения РФ, получена лицензия на производство лечебных установок» (там же, с.224). Вспоминая о своих научных исследованиях, А.М.Прохоров говорит: «Мы работали по 12 часов, на нас обижались жены и дети. Но что может быть увлекательнее, чем узнавать неизвестное? Наука – это своего рода болезнь. Радость открытия не проходит никогда» (там же, с.489).

**132) Аналогия Чарльза Таунса.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год Ч.Таунс (1951) пришел к идее о создании лазера – источника усиленного когерентного радиоволнового излучения по аналогии с новыми методами генерации радиоволн для радиолокаторов, которые обсуждались на одной из конференций в Вашингтоне в 1951 году. Алексей Левин в статье «Забытые отцы лазера», представленной в журнале «Компьютерра»

(2006 г., июнь), пишет: «Чарльз Таунс вспоминал, что концепция мазера пришла ему в голову 26 апреля 1951 г. Он был в Вашингтоне на конференции, посвященной обсуждению новых методов генерации волн миллиметрового диапазона для радиолокаторов. Клистроны, магнетроны и лампы бегущей волны, успешно используемые в роли источников сантиметрового излучения, не слишком хорошо отвечали намеченной цели. Размышление над поиском нестандартного пути решения этой задачи и натолкнуло Таунса на идею прибора, который позже то ли он сам, то ли его ассистенты (мнения расходятся) назвали мазером» (А.Левин, 2006). Другой аналогией в творчестве Ч.Таунса было знакомство с исследованиями свойств твердых парамагнитных материалов, проводившимися в Париже. Ч.Таунс в статье «Квантовая электроника и технический прогресс» (журнал «Успехи физических наук», май 1969 г.) вспоминает: «Вероятно, первая четкая идея о применении твердых парамагнитных материалов для создания практически пригодного усилителя возникла в результате посещения мною и моими сотрудниками Высшей нормальной школы в Париже, где я встретился с физиками, изучавшими парамагнитные материалы, и узнал о некоторых, ранее мне не известных свойствах этих материалов» (Таунс, УФН, 1969, с.163).

**133) Аналогия Артура Шавлова.** Лауреат Нобелевской премии по физике Артур Шавлов независимо от А.Прохорова пришел к идее об использовании резонатора Фабри-Перо в лазерной технике также по аналогии с применением его в оптике в других целях. Ч.Таунс в статье «Квантовая электроника и технический прогресс» (УФН, май 1969) говорит о Шавлове: «Именно он предложил использовать резонатор Фабри-Перо для селекции мод очень коротких электромагнитных волн оптического диапазона. Здесь, вероятно, сыграло роль то обстоятельство, что Шавлов, спектроскопист по образованию, использовал в свое время в диссертационной работе резонатор Фабри-Перо – экспериментальный прием, опять-таки свойственный главным образом университетским спектроскопистам» (Таунс, УФН, 1969, с.163).

**134) Аналогия Джозефа Вебера.** Дж.Вебер (1952), разработавший метод усиления электромагнитных волн независимо от Басова, Прохорова и Таунса, открыл этот метод по аналогии с экспериментами Е.Парселла и Р.Паунда (1950). Эти ученые впервые наблюдали индуцированное излучение в радиодиапазоне. Они достигли условий, необходимых для возникновения когерентного излучения, при помощи внезапного обращения поля, т.е. путем быстрого неадиабатического изменения направления приложенного статического магнитного поля. Опыты проводились с кристаллом фтористого лития, при этом использовались энергетические уровни магнитных моментов ядер лития во внешнем магнитном поле. Вебер предложил метод внезапного обращения электрического поля с целью усиления электромагнитного сигнала по аналогии с методом внезапного обращения магнитного поля, предложенного Парселлом для усиления того же сигнала. Первым молекулярным генератором когерентных (усиленных) волн был аммиак в связи с тем, что задолго до создания молекулярных генераторов аммиак был классическим объектом радиоспектроскопических исследований (И.М.Дунская, «Возникновение квантовой электроники», 1974).

**135) Аналогия Николаса Бломбергена.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 1981 год Николас Бломберген использовал в своем парамагнитном источнике когерентного (монохроматического) излучения метод создания инверсной населенности с помощью вспомогательного излучения по аналогии с исследованиями А.М.Прохорова. Г.М.Зверев в книге «Александр Михайлович Прохоров» (2006) отмечает: «Впервые эффект квантового усиления в парамагнитных кристаллах наблюдал американский физик Н.Бломберген с соавторами в 1956 г. на монокристаллах этилсульфата гадолиния при низких температурах, используя предложенный ранее А.М.Прохоровым и Н.Г.Басовым метод накачки – возбуждение вещества с помощью вспомогательного излучения» («Александр Михайлович

Прохоров», 2006, с.197). Об этом же пишет К.А.Валиев: «Следующим этапом развития квантовой электроники стало создание трехуровневого твердотельного мазера – усилителя микроволновых сигналов на парамагнитных кристаллах, предложенного Н.Бломбергенем в 1956 г. Работа Бломбергена основана, по существу, на идее электромагнитной накачки для получения инверсии уровней энергии в веществе. В США такой мазер был построен на кристаллах этилсульфата гадолиния (1957). В лаборатории А.М.Прохорова было решено использовать в качестве рабочего тела мазера кристаллы рубина, т.е. сапфира с примесью хрома. Это решение следовало из детальных исследований А.М.Прохорова и А.А.Маненкова в 1955 г.» («Александр Михайлович Прохоров», 2006, с.120). Реконструкция, проведенная Г.М.Зверевым и К.А.Валиевым, согласуется с описанием Н.В.Карлова, который говорит о Прохорове: «...Принципы и идеи, высказанные, сформулированные и реализованные им при создании молекулярных генераторов, нашли в его руках новые области применения, привели к созданию новых приборов, стали его трудами базой современной квантовой электроники. Сюда следует отнести метод создания инверсии населенностей, в соответствии с которым возбуждение частиц в системе, по крайней мере, трех уровней энергии осуществляется с помощью мощного вспомогательного излучения накачки (Н.Г.Басов, А.М.Прохоров, 1955). В 1957 г. этот метод был применен для создания квантовых усилителей радиодиапазона на парамагнитных кристаллах (Николас Бломберген, Гарвардский университет, США)» (там же, с.141).

**136) Аналогия Джона Хуболта.** Американский инженер Джон Хуболт (1961) пришел к идее доставки людей на Луну с помощью особого модуля, который отделяется от космического корабля «Аполлон», остающегося на окололунной орбите, по аналогии со схемой подлета к Луне, разработанной Юрием Кондратюком. Эта схема была описана в работе Ю.Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств» (1929). О.Бузиновская и С.Бузиновский в книге «Тайна Воланда» (2003) пишут: «После триумфа первого спутника американцы подняли всю советскую литературу по космосу, - таким образом репринт английского перевода «Завоевание межпланетных пространств» оказался на рабочем столе Джона Хуболта, одного из ведущих специалистов проекта «Аполлон». Три года Хуболт твердил фон Брауну о преимуществах кондратюковской схемы посадки. И убедил его, - сэкономив Америке несколько лет и миллиарды долларов» (О.Бузиновская и С.Бузиновский, 2003). Об этом же пишут многие другие исследователи истории космонавтики. Б.Романенко в книге «Звезда Кондратюка - Шаргея» (1998) отмечает: «Интересно, что специалисты по космонавтике не только восхищаются предсказаниями Ю.В.Кондратюка в этой области, но порою пользуются напрямую его советами. Так, при выборе схемы полета человека на Луну американские специалисты, как они сами признались, остановились, в конечном счете, на схеме, предложенной в свое время Ю.В.Кондратюком» (Б.Романенко, 1998). Я.Голованов в книге «Дорога на космодром» (1982) отмечает: «В 60-х годах, когда американцы разрабатывали программу «Аполлон», они писали, что вся схема полета «Аполлонов» заимствована у русского изобретателя Юрия Кондратюка» (Я.Голованов, 1982). Реконструкция указанных авторов совпадает с точкой зрения Г.А.Булыки, Е.В.Лисовской и Г.А.Яхонтовой, которые в книге «Великие ученые XX века» (2001) констатируют: «После триумфального завершения экспедиции «Аполлона-11» руководитель этого проекта доктор Лоу раскрыл некоторые подробности решения грандиозной задачи. В одном интервью он признался: «Мы разыскали маленькую неприметную книжечку, изданную в России сразу же после революции. Автор ее, Юрий Кондратюк, обосновал и рассчитал энергетическую выгодность посадки на Луну по схеме: полет на орбиту Луны – старт на Луну с орбиты – возвращение на орбиту и стыковка с основным кораблем – полет на Землю» (Булыка, Лисовская, Яхонтова, 2001, с.422).

**137) Аналогия Владимира Челомея.** Один из конструкторов космических кораблей Владимир Челомей выдвинул мысль о защите ракеты от опасных раскачиваний во время ее полета с помощью специальных вибраций, отталкиваясь от аналогии (сходства) уравнений,

описывающих движение маятника и системы «ракета - автопилот». Юлий Шкроб в статье «Так работал Челомей» (журнал «Знание - сила», № 6, 2002) пишет: «...Ракета в полете быстро и опасно раскачивалась. Теоретически «лечение» просто – надо изменить регулировку автопилота. Как это сделать практически, оказалось неясно: применяемый обычно метод «тыка» - наугад – слишком долго (в разгар госиспытаний) не давал результата. Шеф подошел к проблеме с другого – теоретического – конца: указал на сходство уравнений, описывающих движение маятника и системы «ракета-автопилот». Логика простая: если похожи уравнения, должны существовать условия, при которых колебания этой системы затухают. Исходя из этой, на первый взгляд, дикой аналогии, такие условия нашли довольно быстро. Но никто из специалистов в это не поверил: невозможно представить себе торчащий вверх маятник! В.Н. спорить не стал – приказал срочно изготовить демонстрационный прибор: маятник установить на вибростол. Из решения задачи известно: если основание вибрирует с частотой, равной собственной – резонансной – маятника, то положение вверх устойчиво. Чтобы маятник «свалить», его надо отклонить на большой угол заметным усилием. «Чудо» демонстрировалось на совещании ведущих специалистов ЦАГИ, институтов АН СССР и др. Они не скрывали изумления» (Ю.Шкроб, 2002). Кроме того, В.Челомей действовал по аналогии с исследованиями Н.Н.Боголюбова, который еще в 1942 году установил, что неустойчивое верхнее положение равновесия маятника можно сделать устойчивым за счет достаточно высокой частоты вибрации. Доказательство этого факта Н.Н.Боголюбов представил в монографии «Теория возмущений в нелинейной механике» (1950). А.М.Самойленко в статье «Н.Н.Боголюбов и нелинейная механика» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) повествует: «Молва утверждает, что еще в 1942 году в споре с М.А.Лаврентьевым по этому поводу Н.Н.Боголюбов выиграл пари, показав математическое доказательство этого факта. Косвенным подтверждением этому является приведенная выше фраза из монографии 1945 года о работе Н.М.Крылова и Н.Н.Боголюбова «Теория возмущений в нелинейной механике» (Самойленко, 1994, с.113). «Пример стимулировал, - продолжает А.М.Самойленко, - исследования по повышению устойчивости упругих систем при помощи вибрации. В первую очередь речь идет о работах В.Н.Челомея, в которых выясняется природа динамических сил, позволяющих статически неустойчивую систему делать динамически устойчивой. Исследования этого направления оказались чрезвычайно важными при конструировании различных сложных систем для запросов космоса» (там же, с.113).

**138) Аналогия Владимира Челомея.** В.Н.Челомей пришел к идее о создании маневрирующего на орбите искусственного спутника Земли путем оснащения его несколькими двигателями – по аналогии со схемой немецкого ракетчика Эугена Зенгера, который также предлагал использовать для маневра ракеты несколько двигателей. Юлий Шкроб в статье «Генеральный вблизи» (журнал «Изобретатель и рационализатор», № 8 (632), 2002 г.) отмечает: «...Чтобы повернуть аппарат, нужно время. Пустячное в бытовом восприятии, огромное, если учесть орбитальную скорость. Расчет показывает: традиционным методам задача не поддается. Об этом в научной печати заявил еще в 30-х годах нацистский конструктор Эуген Зенгер. Он же предложил схему, обеспечивающую решение. Намного сложнее конструктивно – вместо одного несколько двигателей. Ведущие специалисты всего мира дружно осмеяли и решение, и автора. Описание такого двигателя – в разделе «курьезы» вузовских учебников. А.Челомей понял: этот принцип – единственно работоспособный. Несмотря на серьезные трудности, именно его следует положить в основу конструкции» (Ю.Шкроб, 2002).

**139) Аналогия Владимира Челомея.** В.Н.Челомей разработал вариант отделения боевой головки от ракеты за счет различия аэродинамических сил по аналогии со схемой Гельмута Греттрупа, в которой предлагался такой же способ разделения ракеты на части. Б.Черток в 1-ом томе книги «Ракеты и люди» (1994) описывает элементы конструкции ракеты немецкого

инженера Гельмута Греттрупа, которыми воспользовался Челомей: «Значительно более детально и тщательно были проработаны отдельные наиболее оригинальные элементы конструкции. В частности, отделение боевой головки происходило без всякого механизма – за счет различия аэродинамических сил, и для надежности на корпусе включались две тормозящие твердотопливные ракеты. Для обоих компонентов использовался один несущий бак, разделенный на две емкости промежуточным днищем. Стоит сказать, что это конструктивное предложение так и не было затем принято в ракетах конструкции Королева. Им много лет спустя воспользовался В.Н.Челомей» (Б.Черток, 1994).

**140) Аналогия Никиты Моисеева.** Н.Н.Моисеев (1946, 1947) открыл метод определения степени рассеивания неуправляемых ракет по аналогии с методом вычисления среднеквадратичного отклонения случайной величины относительно ее математического ожидания. Н.Н.Моисеев был знаком с методом среднеквадратичного отклонения из практики расчета степени рассеивания обычных (неракетных) боеприпасов. Интересно, что Н.Н.Моисеев открыл данный метод в тот момент, когда многие известные ученые зашли в тупик, ошибочно пытаясь решить проблему рассеивания ракетных снарядов с помощью уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. В книге «Как далеко до завтрашнего дня» (1997) Н.Н.Моисеев пишет о первых послевоенных годах: «В те годы специалистов в области баллистики занимали проблемы рассеивания (или кучности стрельбы) неуправляемых ракетных снарядов. Христиановичем, Гантмахером и Левиным был разработан простой метод расчета, с успехом применявшийся во время войны для реактивных снарядов, используемых в наземных установках легендарных «Катюш». Однако применение этого метода для авиационных ракетных снарядов давало совершенно неверные результаты. Владимир Семенович Пугачев, который делал доклад на памятном заседании, наглядно объяснил присутствующим, почему этот метод, удостоенный в свое время Сталинской премии, нельзя применять для расчета рассеивания авиационных систем. Суть дела в том, как справедливо утверждал будущий действительный член Академии наук СССР, что реактивная тяга – это некоторый нестационарный случайный процесс. А так как активный участок, на котором работает реактивный двигатель, у авиационных реактивных снарядов достаточно протяженный, то связать закон распределения снарядов у цели с параметрами этого случайного процесса вроде бы пока и невозможно. Все это Владимир Семенович нам объяснял, написав сложнейшее уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова» (Моисеев, 1997, с.60). Далее Н.Н.Моисеев объясняет, как у него возникла аналогия с его прошлым опытом баллистических расчетов: «В ночь после доклада я уезжал в Харьков. Мне удалось достать билет только в общий, битком набитый вагон и у меня было только сидячее место. О сне нечего было и думать. И всю ночь я размышлял о прошедшем заседании. Мне казалась противоестественной сама мысль об использовании сложных уравнений для функций распределений – уравнений, которых мы не умеем решать. И зачем нам столь подробная информация. Я вооруженец, если угодно, артиллерист. Для расчета потребностей в боеприпасах мне достаточно знать только средне-квадратичное отклонение снаряда у цели. А для этого мне достаточно знать то-то и то-то. Так понемногу этой ночью у меня выстраивалась некая схема логических узелков, которая позволяла совсем по-иному поставить задачу расчета рассеивания и обработки результатов стендовых испытаний реактивного двигателя снаряда. А дальше дело уже оставалось за техникой анализа» (там же, с.61). Отметим, что среднеквадратичное отклонение или стандартное отклонение – наиболее распространенный в теории вероятности и статистике показатель рассеивания значений случайной величины относительно ее математического ожидания (относительно ее среднего значения). Этот показатель равен корню квадратному из дисперсии случайной величины.

**141) Аналогия Никиты Моисеева.** Н.Н.Моисеев обогатил теорию динамики ракетных аппаратов, когда по аналогии перенес в нее решение гидродинамической задачи о колебании жидкости в сосудах. Занимаясь со своими студентами гидродинамикой, Н.Н.Моисеев искал

варианты решения указанной гидродинамической задачи. После того, как он составил описание системы сосуд – колеблющаяся в нем жидкость в достаточно общей операторной форме и обнаружил, что оператор расщепляется на бесконечномерный и конечномерный, он по аналогии перенес этот результат из гидродинамики в динамику ракетных аппаратов. В книге «Как далеко до завтрашнего дня» (1997) Н.Н.Моисеев вспоминает: «Я поступил как математик: мною было составлено описание подобной системы в достаточно общей операторной форме и я начал подробное изучение свойств полученного класса линейных операторов. Неожиданно мне удалось обнаружить, что оператор расщепляется на бесконечномерный, который всегда положительно определен, и конечномерный, который может обладать весьма произвольными свойствами. Этот чисто математический и очень простой факт мог иметь самые разнообразные физические и технические следствия. Я их сразу увидел. Не зря же я был инженером и был приучен Академией Жуковского к тому, чтобы искать именно такие следствия. Во-первых, для устойчивости такого тела с полостью необходимо (а потом оказалось, что и достаточно!) устойчивости некоторого другого твердого тела. Это было обобщение теоремы Жуковского. Если угодно, это был уже факт для учебника. Но и была чисто практическая сторона вопроса. Ракета, космический аппарат на своем активном участке – это и есть сосуд с жидкостью, т.е. система с бесконечным числом степеней свободы. Естественный вопрос – а как ей управлять? Вот, в постановке этого вопроса и проявилась та ниточка преемственности, о которой я упомянул. Мое сознание независимо от меня было настроено на те самые задачи динамики ракетных аппаратов, которые и составляли мой первородный грех в науке. В силу обстоятельств, от меня не зависящих, я отшел от них. Но первая же аналогия меня к ним вернула. Тем более, что из моей теоремы следовало, что управлять такой системой, в которой много жидкости, можно так же, как и обычной системой конечного числа степеней свободы. Надо только ввести новые переменные. Пройдут годы, и за эту работу я получу сталинскую, или, как она стала называться к этому времени, государственную премию» (Моисеев, 1997, с.66).

**142) Аналогия Никиты Моисеева.** Н.Н.Моисеев (1962) использовал метод усреднения для расчета орбит космических аппаратов по аналогии с использованием данного метода Н.Н.Боголюбовым и другими учеными в теории нелинейных колебательных процессов. А.М.Самойленко в статье «Н.Н.Боголюбов и нелинейная механика» (журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299)) указывает: «Развитие космонавтики потребовало разработки идей Н.Н.Боголюбова применительно к задачам динамики космических аппаратов. В 1962 году на XIV Международном конгрессе по астронавтике Н.Н.Моисеев изложил свои результаты по использованию метода усреднения для расчета орбит космических аппаратов. При построении асимптотических решений для таких задач Н.Н.Моисеев учел тот факт, что в динамике космических аппаратов имеется, по меньшей мере, два различных масштаба времени, что позволило ему из асимптотических разложений получить важную информацию о природе движения этих аппаратов» (Самойленко, 1994, с.117). Касаясь эволюции асимптотического метода усреднения (осреднения), следует подчеркнуть, что его разработал шведский астроном А.Линдстедт (1882). А.Пуанкаре перенес его на проблему трех тел, хотя ранние истоки метода относятся к творчеству Л.Лагранжа, в руках которого он назывался методом вариации произвольных постоянных. У А.Линдстедта и А.Пуанкаре он назывался методом последовательных приближений. А.Н.Крылов предложил применять данный метод в теории машин и механизмов, а Н.Н.Боголюбов по аналогии перенес данный метод в радиофизику, теорию магнетизма, теорию поля и физику заряженных частиц. Наконец, Н.Н.Моисеев экстраполировал описываемый метод в теорию динамики космических аппаратов.

**143) Аналогия Ю.Бушtedта, Л.Лагияна и Н.Литвинова.** Ю.Бушtedт, Л.Лагиян и Н.Литвинов создали одну из разновидностей буровых колонн, воспользовавшись аналогией с формой зубов вымерших ящеров. Г.Я.Буш в книге «Методы технического творчества» (1972)

отмечает: «Изобретатели Ю.Буштедт, Л.Лагиян и Н.Литвинов изобрели двухъярусную буровую колонну по аналогии с конструкцией зубов вымерших палеоящеров (авторское свидетельство СССР № 161008). Метод биомеханики рекомендует создать конструктивные изобретения по аналогии с механическим принципом действия объектов природы. Русский ученый П.Л.Чебышев в конце прошлого века разработал «стопходящую машину», используя принципы движения ног кузнечика» (Г.Я.Буш, 1972).

**144) Аналогия Э.Хенриксона.** Э.Хенриксон создал новую конструкцию замка без пружин, используемого при закрывании дверей, по аналогии устройством контрольно-кассовой машины, которую часто можно увидеть в магазине. Г.Я.Буш в книге «Методы технического творчества» (1972) указывает: «Метод замещения конструкций их эквивалентами использовал финский изобретатель Э.Хенриксон при создании новой конструкции замка без пружин, применив поворачивающиеся шайбы кассового аппарата» (Г.Я.Буш, 1972).

**145) Аналогия Джона Эккерта и Джона Маучли.** Д.Эккерт и Д.Маучли (1946) построили первый цифровой компьютер ENIAC по аналогии с компьютером ABC Джона Атанасова и дифференциальным анализатором Ванневара Буша. Аналогия с компьютером Атанасова доказана американским судом. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) пишет: «Решение Атанасова доказать, что он является изобретателем электронного цифрового компьютера, пришло к нему после одного «странного» визита. 15 июля 1954 года адвокат от патентного бюро фирмы IBM посетил Атанасова и сказал ему: «Если вы поможете нам, мы аннулируем патент Маучли-Эккерта на компьютер. Это было заимствовано у Вас» (Частиков, 2002, с.82). В 1971 году Атанасов выиграл суд, который рассматривал вопрос о том, кто является действительным изобретателем цифрового электронного компьютера. А.Частиков пишет о решении суда: «Приговор действительно описывал Атанасова как изобретателя электронного компьютера, а ENIAC – как компьютер, созданный в большей степени на его идее. «Эккерт и Маучли, - читал судья Ларсон, - не сами изобрели этот автоматический электронный цифровой компьютер, но вместо того позаимствовали эту идею у доктора Джона Атанасова, а поэтому патент ENIAC является недействительным» (там же, с.83). Что касается аналогии с дифференциальным анализатором Буша, то вот что пишет об этом А.Частиков: «...Дифференциальные анализаторы использовались в школе Мура Пенсильванского университета и помогли создать сотрудникам школы надежную базу, которая затем использовалась при проектировании и создании цифрового компьютера ENIAC» (там же, с.330).

**146) Аналогия Джона Эккерта.** Джон Эккерт (1944) пришел к идее об использовании в ЭВМ в качестве носителей оперативной памяти ртутных ультразвуковых линий задержки (РУЛЗ) по аналогии с применением РУЛЗ в радиолокационной технике для определения времени прохождения сигнала. Юрий Полунов в статье «Автора!!!» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») пишет о записке, составленной Эккертом: «В памятной записке рассматривались различные варианты построения ЭВМ, в том числе вариант, предусматривающий использование ртутных ультразвуковых линий задержки (РУЛЗ) в качестве оперативной памяти в машине, которую авторы назвали «Электронной вычислительной машиной с переменной дискретностью». РУЛЗ применялись в радиолокационной технике для определения времени прохождения сигнала и были хорошо знакомы Эккерту, разработавшему одну из них при выполнении оборонного заказа в Муровской школе. Линия задержки (ЛЗ) представляла собой стеклянную (или стальную) трубку, заполненную ртутью. Внутри трубки на одном ее конце помещался передатчик (кристалл кварца), который преобразовывал электрические импульсы в ультразвуковые волны, распространявшиеся в ртути. Эти волны воспринимались приемником, расположенном на другом конце трубки, преобразовывались в электрические импульсы, усиливались и вновь возбуждали кристалл кварца» (Ю.Полунов, Интернет).

**147) Аналогия Джона Эккерта.** Джон Эккерт осознал целесообразность хранения информации на магнитном барабане, встроенном в ЭВМ, по аналогии с хранением на магнитном диске таблиц стрельб в цифровом устройстве управления артиллерийским огнем. Юрий Полунов в статье «Автора!!!» (сайт «Виртуальный компьютерный музей») указывает: «В январе 1944 г. Эккерт направил руководству Муровской школы памятную записку «О вычислительной машине на магнитном барабане». В ней он сообщает об автоматическом вычислителе, в котором команды и данные записываются с помощью магнитного поля на диске из специального сплава, хранятся на диске и извлекаются по мере необходимости. Так впервые была высказана (еще в весьма сыром виде) концепция машины с хранимой программой» (Ю.Полунов, Интернет). «Эккерт писал впоследствии, - продолжает Ю.Полунов, - что идею использования в качестве ЗУ-диска, покрытого тонким слоем оксида железа, он заимствовал из тезисов магистерской диссертации Пери О.Крофорда, защищенной в 1942 г. в Массачусетском технологическом институте. В ней было предложено цифровое устройство управления артиллерийским огнем, в котором необходимые таблицы стрельб хранились на магнитном диске» (Ю.Полунов, Интернет).

**148) Аналогия Джея Форрестера.** Изобретатель памяти компьютеров на магнитных сердечниках Джей Форрестер пришел к идее об использовании в компьютерах магнитных стержней как носителей информации, воспользовавшись следующей аналогией. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) отмечает: «Однажды весной 1949 года он просматривал журнал *Electrical Engineering* и наткнулся на описание разработки, названной «Дельмамакс», сделанной немцами во время Второй мировой войны для магнитных усилителей, применявшихся в танках. Теперь она была продана Америке в качестве основного материала по магнитным усилителям. В разработке «Дельтамакс» был использован постоянный ток для насыщения сердечника, чтобы можно было управлять изменениями тока. Форрестер понял, что это и есть тот другой путь, способный заставить работать нелинейные элементы в трехмерном устройстве, над которым он размышлял ранее» (Частиков, 2002, с.118). «Он закрепил, - пишет Частиков о Форрестере, - магнитные ферритовые стержни, загнутые в виде пончиков, на сетке из проводов. Каждый стержень на сетке имел свои координаты (или адрес) – такие же, как на карте. Для того, чтобы прочесть или записать бинарное число на магнитную память, надо было подать напряжение на точно выбранную пару горизонтального и вертикального ряда проводов на конкретной сетке» (там же, с.119). Об этой же аналогии пишет Юрий Полунов в статье «Подари мне кольцо...» (сайт «Виртуальный компьютерный музей»). В данной статье, раскрывая путь изобретения магнитного оперативного запоминающего устройства на ферритовых сердечниках (МОЗУ), он цитирует Форрестера: «...В течение двух лет мой замысел оставался нереализованным. Но однажды в одном техническом журнале я наткнулся на описание магнитного материала, который называется дельтамакс, имел сугубо нелинейную прямоугольную петлю гистерезиса и использовался в магнитных усилителях. Я сразу понял, что существует потенциальная возможность создания из этого материала ячеек памяти, логическую структуру которой я задумал несколько лет назад» (Ю.Полунов, Интернет).

**149) Аналогия Николая Никитина и Бориса Злобина.** Советские инженеры Н.В.Никитин и Б.А.Злобин (1957) пришли к идее построения Останкинской телевизионной башни высотой 533 метра по аналогии с самой высокой в мире ветроэлектростанцией на горе Ай-Петри (Крым), проект которой разработал Юрий Кондратюк. Тот самый Кондратюк, который является автором книги «Завоевание межпланетных пространств» и идеи доставления людей на Луну с помощью особого модуля, который отделяется от космического корабля, остающегося на окололунной орбите. Борис Романенко в книге «Звезда Кондратюка - Шаргея» (1998) пишет об одном из проектов Кондратюка: «Третий его грандиозный проект – участие во всесоюзном конкурсе, получение первого места, проектирование, защита проекта,

начало строительства самой мощной в мире и самой высокой, до настоящего времени, ветроэлектростанции на горе Ай-Петри в Крыму на 10000 киловатт, строительство которой было запрещено, ввиду того якобы, что ее вообще невозможно построить. А ведь его ученики Н.В.Никитин и Б.А.Злобин на основании этого опыта проектирования и строительства спроектировали и воздвигли в Москве Останкинскую телевизионную башню, самую высокую во всем мире – восьмое чудо света! Эта башня стоит без подпорок и без внешних растяжек» (Б.Романенко, 1998). Об этой же аналогии Никитина говорит Я.Голованов в книге «Королев: факты и мифы» (1994): «Среди многих знаменитых его работ, наверное, самая знаменитая – Останкинская телебашня в Москве – памятник мечте Юрия Васильевича Кондратюка, их общей мечте о великой электростанции ветра, так и не поднявшейся над Ай-Петри» (Голованов, 1994, с.145).

**150) Аналогия Роберта Меткалфа.** Роберт Меткалф (1973) пришел к идее глобальной информационной сети, получившей название Интернет, по аналогии с функционированием пакетной радиосети. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) пишет о Меткалфе: «Теоретические основы Интернет, протокола, составляющего сегодня фундамент большинства локальных сетей, в 1973 году были сформулированы в кандидатской диссертации аспиранта Гарвардского университета Боба Меткалфа, озаглавленной «Пакетные сети». Говорят, что ученый совет университета при первом знакомстве с работой Меткалфа отклонил ее как «недостаточно аналитичную»...» (Частиков, 2002, с.360). «В институте, - поясняет А.Частиков, - Боб Меткалф получил хорошую подготовку в области проектирования сетей. «Моя докторская диссертация в Гарварде основывалась на исследованиях, проводимых в МИТ, и была посвящена работе сетей Agranet и Alohanet, последняя из которых представляла собой пакетную радиосеть в Гавайском университете», - вспоминал он. Именно в институте появилось первое понимание среды коммуникаций, или «эфира»...» (там же, с.360). А.Частиков детализирует историю Интернет: «Главные события в истории Интернет развернулись в Пало-Альто в исследовательском центре компании Xerox. В 1972 году сотрудники центра трудились над созданием прототипа персонального компьютера с названием Alto и одновременно разрабатывали высокоскоростной лазерный принтер. Всех сотрудников центра в Пало-Альто планировалось снабдить персональными компьютерами, каждый из которых будет подключен к одному и тому же лазерному принтеру. Задача создания сети была возложена на выпускника МИТ Боба Меткалфа, который в том году пришел в Xerox, и по его собственным словам, был назначен на должность «сетевика». Основными требованиями, которые предъявлялись к новой сети, были высокое быстродействие, необходимое для нормальной работы лазерного принтера, и возможность объединения нескольких сотен компьютеров» (там же, с.361).



«Однажды не ради славы, а для души Тим написал небольшую программку и назвал ее «Enquire». На русский язык это слово можно с натяжкой перевести как «записная книжка» или «справочник». Но по сути эта программа была первой в мире гипертекстовой базой данных. Именно в ней воплотилась концепция будущей Всемирной Паутины».

Г.А.Булыка и Е.В.Лисовская о Тиме Бернерсе-Ли

**151) Аналогия Тима Бернерс-Ли.** Тим Бернерс-Ли (1989) пришел к мысли о создании глобального гипертекстового пространства (Интернет) по аналогии с исследованиями Ванневара Буша, Теда Нельсона и Дуга Энгельбарта. В этих исследованиях предлагался проект единой информационной сети. А.Частиков в книге «Архитекторы компьютерного мира» (2002) констатирует: «В 1945 году, будучи научным советником президента Рузвельта,

в журнале... В.Буш опубликовал статью под названием «As We May Think», в которой он впервые высказал идею гипертекста (сам термин был придуман двадцать лет спустя). В этой статье он описал машину Memex для быстрого просмотра научной литературы на основе ассоциативных связей. Машина Memex предполагала работу с текстовыми и графическими материалами в реальном времени, а в ее памяти были заложены большая библиотека, фонд фотографий и личных записок» (Частиков, 2002, с.331). «В своей статье, - поясняет А.Частиков, - Ванневар Буш высказал опасение по поводу разобщенности человеческого сообщества в накоплении знаний. Описывая столь незавидное положение дел, Буш предлагает свой вариант решения проблемы. Гипотетическая машина, названная автором Memex, должна была позволить человеку хранить и быстро вызывать документы, а также случайные связи между ними» (там же, с.366). «...Автор, - пишет А.Частиков о Тиме Бернерс-Ли, - с уверенностью заявлял: современное состояние компьютерной технологии позволяет создать на ее базе глобальное гипертекстовое пространство. Естественно, что в разработке этого своеобразного манифеста будущего первую роль играл сам Бернерс-Ли, назвавший три основных источника, которыми он пользовался при создании этой концепции. Первому из них – статье Ванневара Буша «As We May Think», появившейся в журнале «Atlantic monthly» за 1945 год, Тим уделял особое внимание» (там же, с.366). А.Частиков отмечает исследования и других специалистов, на которые опирался Бернерс-Ли: «...Источниками идей Web для Бернерс-Ли послужили работы Теда Нельсона и Дуга Энгельбарта. Нельсон, с которым Тим был знаком лично, занимался проблемой «грамотных машин», и ему принадлежит термин «гипертекст». Правда, у Нельсона гипертекст рассматривался с лингвистической точки зрения» (там же, с.367). Что касается третьего источника концепции Бернерс-Ли о глобальном информационном пространстве, то изобретатель компьютерной мыши Д.Энгельбарт еще в 1968 г. на одной из конференций представил свои работы в области гипермедиа: электронную почту и издательскую систему, средства организации совместной работы, телеконференции с разделением экрана, систему контекстной помощи и т.д. Одним из толчков для создания «паутины» для Тима послужил опыт работы в Европейской организации по ядерным исследованиям в Швейцарии. А.Частиков указывает: «Его коллеги по работе часто жаловались на огромный объем материала, который необходимо «поднять» иногда лишь для того, чтобы ознакомиться с тем или иным вопросом. Компьютеры, призванные облегчать подобный труд, были практически бесполезны в такой ситуации, поскольку их архитектуры настолько различались, что иногда документ открывался лишь на машине, на которой он был создан. Именно здесь, в CERN, ему и пришла в голову простая идея. (...) Бернерс-Ли написал для собственных целей программу хранения данных, в которой был использован механизм произвольных связей, и назвал ее ЭНКВАЙР. Программа была способна создавать и хранить в отдельной базе данных связи между различными файлами и даже фрагментами этих файлов...» (Частиков, 2002, с.366).

**152) Аналогия Вольфганга Кеттерле.** Лауреат Нобелевской премии по физике за 2001 год В.Кеттерле (1996) пришел к идее о создании атомного лазера, в котором происходит излучение усиленного когерентного пучка атомов, перешедших в состояние бозе-конденсата благодаря охлаждению, по аналогии с обычным световым лазером. Основанием для такой аналогии послужило экспериментальное обнаружение интерференции двух когерентных пучков бозе-конденсата – чисто волнового явления. В.Кеттерле в своей Нобелевской лекции «Когда атомы ведут себя как волны. Бозе-Эйнштейновская конденсация и атомный лазер» («Успехи физических наук», 2003, декабрь) пишет: «Поскольку атомы представляют собой волны де Бройля, существует аналогия между атомами и светом, который состоит из электромагнитных волн. Это используется в атомной оптике, когда атомы отражаются, дифрагируют и интерферируют на различных атомно-оптических элементах. Один из важных вопросов заключался в том, можно ли распространить эту аналогию на оптический лазер, действие которого основано на усилении света. Создав в 1997 г. элементарный атомный лазер, наша группа решила проблему вывода (или извлечения) атомов из конденсата и

проверки их когерентности. Этот процесс усиления атомов происходил во время образования бозе-эйнштейновского конденсата, что в корне отличается от процесса усиления света при его прохождении через активную среду. И только в 1999 г. наша группа сумела осуществить усиление атомов, проходящих через облако других атомов, которые играют роль активной среды (одновременно с группой в Токио)» (Кеттерле, 2003, с.1354).

## Заключение

Проведенное исследование процесса возникновения новых научных идей показало, что выдающиеся ученые используют в своем творчестве мыслительные процедуры, доступные каждому человеку, обладающему здоровым мозгом. Представления различных исследователей о существовании генетических структур, обуславливающих талант и гениальность, то есть о наличии биологических различий между людьми по уровню развития интеллекта не находят фактического подтверждения. Высокая плотность талантов в некоторых родословных, на что указывал Ф.Гальтон, объясняется повторением условий (способов) воспитания и образования, их культивированием в этих родословных из поколения в поколение. Сходство психологических свойств однойцевых (монозиготных) близнецов, которое рассматривал С.Берт и его многочисленные последователи, не может иметь особого значения, так как сам Берт и все, кто развивал его подход, не учитывали тот факт, что человеческая логика универсальна. Когда В.П.Эфроимсон отмечает значительное сходство картины электроэнцефалограммы (ЭЭГ) однойцевых близнецов, эти данные не могут рассматриваться как аргумент в пользу биологических интеллектуальных различий. Они заслуживали бы подобного рассмотрения, если бы удалось зафиксировать влияние индивидуальных особенностей ЭЭГ на характер логического мышления людей. Однако подобного влияния никто не установил. Даже с теоретической точки зрения понятно, с какими парадоксальными явлениями нам пришлось бы столкнуться, если бы генетически закрепленные особенности ЭЭГ изменяли логику человека, ограничивали круг доступных для него схем (форм) мышления. Разнообразные виды тестов, первые из которых разработаны еще в начале 20 века, также не доказывают, что уровень интеллекта является неизменной величиной, данной человеку при рождении. Показана возможность реально увеличить коэффициент интеллекта (IQ), выявляемый тестами, то есть возможность обучения успешному решению тестовых задач. Тесты IQ оценивают не врожденный интеллект, а уровень образования (богатство эрудиции) человека, использование которого и позволяет решать задачи тестов. Результаты ретроспективного тестирования деятелей науки прошлого на основе анализа их трудов оказались обескураживающими. Так, интеллект М.Фарадея, без открытий которого трудно представить современную науку, при ретроспективном обследовании по методике Векслера получил весьма низкую оценку. Низкую оценку при тестологическом обследовании получил и известный американский ученый Л.Оргелл, который внес существенный вклад в проблему возникновения первых форм жизни на Земле.

Разнообразные тестовые методики могут оказаться полезными для нейробиологов, которые изучают мозг людей и животных с применением методов магнитно-резонансной (МРТ) и позитронно-эмиссионной (ПЭТ) томографии. Об этом говорят сами специалисты, занимающимися подобными исследованиями. Таким образом, мы используем тесты не там, где они могут быть продуктивными: они пригодны для нейробиологических исследований, когда исследуется работа различных центров (структур) мозга в ситуации предъявления испытуемому тех или иных тестовых задач, и совершенно непригодны для доказательства идеи о существовании наследственных факторов таланта и гениальности.

Необходимо шире использовать способ альтернативного тестирования, введенный в обиход науки лауреатом Нобелевской премии Гербертом Саймоном, который совместно со

своими коллегами предлагал испытуемым решать задачи, над которыми в свое время трудились известные ученые. Саймон продемонстрировал, что если человеку сообщается информация, достаточная для того, чтобы сделать из нее ряд правильных выводов (именно такой информацией обычно и владеют ученые накануне открытия), то задача будет успешно решена независимо от того, какими генами вас наделила природа.

Коль скоро гениальность не определяется наследственными структурами, медицинские меры, предлагавшиеся Ф.Гальтоном для улучшения человеческого рода, для искусственного увеличения числа интеллектуально незаурядных людей, не могут быть успешными. Это подтвердил многолетний эксперимент Роберта Грэхема, не пожалевшего средств на создание банка спермы лауреатов Нобелевской премии и тех, кто просто имеет высокий коэффициент интеллекта с точки зрения уже упоминавшихся тестов. Как мы ранее указывали, Р.Грэхем добровольно финансировал кампанию, при которой любая женщина, если она сама этого пожелает, могла путем искусственного оплодотворения стать матерью будущего обладателя сверхвысокого интеллекта. Некоторые генетики предупреждали Р.Грэхема о том, что современная наука не владеет способом (системой) «перезаписи гениальности» на генном уровне, поэтому трата денег может оказаться напрасной. Но Грэхем не стал прислушиваться к этим предупреждениям, продолжая финансировать проект. Когда были подведены окончательные итоги эксперимента по искусственному выращиванию гениев, который проводился с 1980 по 1999 годы, американские ученые сообщили о полном его провале. Из 200 детей, родившихся от Нобелевских лауреатов при помощи искусственного оплодотворения, только один показал выдающиеся способности. Но и он, единственный наследник высокого интеллекта (хотя и в этом можно сомневаться, поскольку непонятно, на основании каких критериев оценивался его интеллект) не оставил после себя трудов, несущих на себе печать экстраординарных интеллектуальных способностей. Дети, родившиеся за все время опытов, ничем не отличались от своих сверстников.

Описано огромное множество психологических характеристик, которые зарекомендовали себя как способствующие творческому успеху. Среди них наблюдательность, оригинальность, независимость в суждениях, богатство внутреннего мира, любовь к сложным ситуациям, доброжелательность, открытость, автономия, склонность к уединению, личностная гибкость, потребность в новизне, увлеченность работой, умение терпеть неопределенность, готовность преодолевать препятствия, широта интересов, нетерпимость к рутине, повышенное стремление к самоутверждению. Все эти качества личности приобретаются путем воспитания и образования, поэтому все они могут стать «принадлежностью» обычного человека, не наделенного изначально каким-то экстраординарным творческим потенциалом.

Если поверить в достоверность представления о наследственной природе гениальности, то частота рождения гениев и талантов должна быть одинаковой (постоянной) у всех народностей и наций. Тем не менее, это постоянство никто не доказал, а ссылка Эфроимсона на то, эта частота рождения определяется цифрой порядка 1:1000, вызывает серьезные сомнения. Аналогичные сомнения возникают и в отношении идеи Эфроимсона о том, что общее число гениев за все время существования нашей цивилизации едва ли превысит 400-500 человек. Основной довод против указанной цифры Эфроимсона состоит в том, что за период с 1901 по 2010 годы, то есть практически за одно только столетие, Нобелевской премией, которой удостоиваются лучшие представители науки, литературы и политики, награждено более 600 человек. Как ни удивительно, еще большее количество деятелей науки, совершивших значимые открытия, не получили премию Нобеля, так как ее явно не хватает на всех, кто ее заслуживает. В высшую элиту современной науки, т.е. в число удостоенных Нобелевской премии, не попадают многие ученые, достигшие ценных результатов. Среди них изрядное количество исследователей, кто по тем или иным финансовым причинам не сумел известить (проинформировать) о своем открытии максимально возможное количество людей, которые могут повлиять на присуждение премии. Поскольку число ученых растет, а

количество присуждаемых премий явно не успевает за этим ростом, эта ситуация «непризнания» будет сохраняться и в обозримом будущем.

Имеется масса научных данных, свидетельствующих о важной роли воспитания и окружения в развитии наших способностей. Впечатляющим примером высокой значимости средовых влияний на формирование психики человека являются исследования отечественных педагогов И.А.Соколянского (1889-1960) и А.И.Мещерякова (1923-1974). Эти ученые на протяжении длительного времени занимались воспитанием детей, лишенных слуха, зрения и речи, в специальной школе-интернате, расположенной в подмосковном Загорске. Первоначально казалось, что одновременное отсутствие от рождения важнейших способностей восприятия и выражения вовне – зрения, слуха и речи – должно приводить к формированию совершенно искаженной схемы восприятия и неадекватной картины мира. Однако итоги тонкой и кропотливой педагогической работы превзошли самые смелые ожидания. У слепоглухонемых детей при соответствующей помощи воспитателя закономерно формировалась практически столь же полноценная и многогранная картина мира и способность понятийного мышления, как и у обычных людей.

Возможность планомерного увеличения числа людей, занимающихся продуктивной творческой деятельностью, доказана работами Г.С.Альтшуллера и его последователей. Создатель знаменитой теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Альтшуллер, проанализировав несколько тысяч технических патентов, в которых зафиксирован опыт разных изобретателей, сформулировал 40 принципов устранения технических противоречий, освоение и применение которых помогает успешно решать изобретательские задачи. Альтшуллер приложил максимум усилий для распространения и использования его методики в средних и высших учебных заведениях. Введение ТРИЗ в учебные курсы, освоение системы Альтшуллера в школах привело к росту изобретательской активности студентов. Это был не просто рост активности в сфере изобретательства. Резко увеличилось количество авторских свидетельств, выданных изобретателям за плоды их творческой деятельности. Воспитание творческих личностей с помощью ТРИЗ продемонстрировало колоссальную роль средовых влияний в развитии и совершенствовании человеческого интеллекта.

Исследования М.Розенцвейга, Э.Беннета и М.Даймонд (1972) позволили понять, какие физиологические и биохимические изменения могут происходить в мозге животных и человека под воздействием стимулирующего окружения, то есть постоянного притока разнообразной информации. Благодаря этим исследованиям стала формироваться картина того, как внешняя среда может запускать развитие определенных структурных элементов мозга. При изучении мозга крыс, выращенных в информационно обогащенной среде, выяснились интересные факты. Кора головного мозга крыс из обогащенных условий оказалась значительно тяжелее и толще. Уровень активности ферментов, обеспечивающих быструю и эффективную передачу нервных импульсов между клетками мозга, оказался выше у крыс с обогащенным жизненным опытом. В обогащенных условиях у крыс развивались нейроны большего размера. Кроме того, соотношение РНК и ДНК – веществ, играющих важнейшую роль в росте клеток мозга, - было выше у крыс с обогащенным опытом. Наконец, под большим увеличением с использованием электронного микроскопа было обнаружено, что синапсы у крыс с богатым опытом на 50% больше, чем у крыс, выращенных в обедненных условиях. Эти факты приводят к выводу, что многие аспекты анатомии и химии мозга изменяются в результате познавательного опыта.

И.В.Равич-Щербо, ссылаясь на результаты исследований отечественных и зарубежных биологов, показала высокую пластичность нервной системы на всех иерархических уровнях ее организации. Наиболее яркие примеры пластичности нервной системы: 1) влияние внешней среды (потоков информации) на работу быстрых генов немедленного действия, которые запускают процессы памяти и мышления на уровне нейронов, 2) селективная стабилизация синапсов в онтогенезе, 3) эффект приобретенного опыта. В экспериментах на животных показано, что существуют гены (быстрые гены немедленного действия), которые обладают способностью быстро реагировать (т.е. изменять уровень своей экспрессии) в ответ

на изменения внешней среды. В обычных условиях экспрессия большинства ранних генов осуществляется на низком уровне. При помещении животных в новую среду, при обучении их новым навыкам или при отсутствии привычных и ожидаемых событий происходит очень быстрое и значительное усиление экспрессии быстрых генов немедленного действия в нервной системе. Обнаруженная учеными селективная стабилизация синапсов (важнейшего звена в формировании сетей нейронов) состоит в том, что образование этих синапсов зависит от качества приобретаемого опыта. Способность нейронов реагировать на внешний опыт связана с особым явлением – сверхпродукцией синапсов. В условиях конкуренции между синапсами в формирующемся мозге сохраняются и стабилизируются те из них, которые «несут нагрузку». Именно средовые воздействия модифицируют свойства нейронных сетей, обеспечивая их адаптивную настройку. Что касается такого примера пластичности нервной системы, как эффект приобретенного опыта, то он состоит в следующем. Длительная работа нейронов и нейронных сетей в устойчиво повторяющихся условиях деятельности может вызвать морфофункциональные изменения нейронов. В частности, формирование дендритов (коротких отростков нейронов) усиливается при обучении: была установлена положительная связь между сложностью ветвления дендритов в корковом центре речи (зона Вернике) и уровнем образования.

На протяжении длительного времени в работах, посвященных анализу творческой деятельности, подчеркивалась роль интуиции. Предполагалось, что с помощью интуиции истина открывается разуму человека путем прямого усмотрения без использования логических определений и доказательств как промежуточных звеньев познания. В 1967 году О.К.Тихомиров совместно с В.А.Тереховым провел экспериментальное исследование игры в шахматы слепых шахматистов. Игра таких шахматистов полностью основана на осязательной активности, на постоянном ощупывании фигур, анализе возникающих позиций и планировании наиболее выгодных ходов. Метод осязательной оценки складывающейся шахматной ситуации, которым пользуются лишенные зрения игроки, дает возможность увидеть весь процесс их игрового мышления, все промежуточные звенья их интеллектуального поиска. О.К.Тихомиров внимательно изучил «осязательное» мышление слепых шахматистов и пришел к заключению о том, что интуиция как неосознанный и не имеющий промежуточных стадий процесс принятия решений не является реально существующим механизмом.

Внимательный анализ опытов В.Келера (1925), в которых описана способность шимпанзе внезапно (путем инсайта) догадаться о том, как достать фрукт с помощью двух палок, дал возможность понять удивительные вещи. Выяснилось, что шимпанзе по имени Султан догадался соединить две палки, чтобы достать банан, не внезапно, а в результате применения своих предыдущих знаний. Оказывается, уже до описанного Келером опыта Султан знал, как можно достать банан (путем соединения двух палок). Это знание у него сформировалось непредвиденным, непреднамеренным образом, когда однажды во время игры он случайно вставил одну палку в другую. Дж.Гудолл в книге «Шимпанзе в природе» (1992) сообщает: «Султан, например, «догадался» соединить друг с другом две палки и таким образом удлинить орудие настолько, чтобы достать расположенную вне клетки пищу, только после того, как однажды во время игры он случайно вставил одну палку в другую. До тех пор решение задачи Султану никак не давалось, хотя Келер даже сам продемонстрировал шимпанзе богатые возможности полой палки, засунув в один из ее концов палец животного» (Дж.Гудолл, 1992). Это высказывание Дж.Гудолл разрушает всю концепцию инсайта, построенную немецким психологом В.Келером (1925).

Понимание интуиции как стратегии, не основывающейся на опыте и не нуждающейся в проверке, влечет за собой теоретический анархизм, необходимость сохранять взаимно исключаящие представления. Кроме того, подобное представление об инсайте создает впечатление, что может существовать закрытый алгоритм (метод познания), в самом себе содержащий критерии истинности. Однако даже теоретическая возможность такого алгоритма противоречит теореме Геделя о неполноте. Согласно данной теореме, нельзя

доказать истинность и непротиворечивость того или иного алгоритма, той или иной теоретической системы средствами самой этой системы. Подобный запрет связан с тем, что все утверждения науки, несмотря на их абстрактный характер, заимствованы из опыта, наблюдения. Любой алгоритм, исключающий возможность экспериментальной проверки, любая теоретическая система, лишенная контакта с опытом, не может служить эффективным методом познания.

Поскольку теорему Геделя о неполноте можно рассматривать как принцип, запрещающий эффективное функционирование закрытых алгоритмических систем, создаются условия для выявления очень важной аналогии. Речь идет об аналогии между теоремой Геделя о неполноте и принципом Бергаланфи-Пригожина об открытости диссипативных (самоорганизующихся) систем. Л.Бергаланфи и И.Пригожин установили, что та или иная самоорганизующаяся (биологическая или общественная) система живет только потому, что она является открытой системой. Если изолировать ее, то она прекратит свое существование. На этом основании Бергаланфи и Пригожин сформулировали принцип, запрещающий стабильное существование закрытых самоорганизующихся систем. В связи с тем, что теорема Геделя о неполноте запрещает эффективное функционирование закрытых, не опирающихся на опыт алгоритмов, аналогия между двумя указанными принципами очевидна.

Человеческая логика, включающая в себя индуктивные и дедуктивные рассуждения, а также выводы по аналогии, не может противоречить теореме Геделя о неполноте, поскольку она никогда не рассматривалась в качестве закрытого алгоритма и никогда не была таким алгоритмом. История научных открытий показывает, что индукция и аналогия являются подлинными творческими стратегиями. Колоссальная продуктивность этих способов переработки информации, на первый взгляд, никак не вяжется с тем, что часто они приводят к ошибкам, к неверным результатам и заставляют ученых рисковать в условиях неполноты исходных данных. Однако в действительности несовершенство этих процедур мышления нисколько не мешает им порождать на свет новые идеи, которые в случае успешной экспериментальной проверки (апробации) превращаются в научные открытия. Многие философы и психологи констатировали, что в индуктивном умозаключении и в выводах по аналогии истинность исходных посылок не гарантирует истинность финального вывода, что при использовании принципов индукции и аналогии обычно генерируются идеи, не имеющие строгого обоснования, что эти принципы дают не истину, а вероятность истины. Это действительно так. Но ученый не может воздерживаться от применения неполной индукции и неполной (нестрогой) аналогии, так как иначе ему пришлось бы ждать появления полного (исчерпывающего) набора экспериментальных данных, подтверждающих его идею, а на это может не хватить и всей его жизни. Кроме того, при таком ожидании, при отказе от использования стратегий вероятностной логики наука перестала бы развиваться столь стремительно, как это происходит в действительности.

М.Бунге в книге «Интуиция и наука» (1967) заявил, что индукция не может быть отработанным и стандартизированным методом обобщения информации, содержащейся в исходных посылках, так как для открытия самих посылок не предусмотрено никакого метода. Исходные посылки наших обобщений – это факты, которые мы добываем в ходе многочисленных экспериментов. Когда мы действуем в совершенно новой области, мы часто опираемся на метод проб и ошибок, идущий рука об руку с фактором случая. Неожиданные, незапланированные, случайные наблюдения в поисковой деятельности неизбежны. Метод проб и ошибок является одним из поставщиков исходных посылок, которые в дальнейшем обрабатываются с помощью индукции. Следовательно, можно говорить об индукции, основанной на этом методе, основанной на факторе случая. Индукция с фактором случая лишней раз свидетельствует об отсутствии генов гениальности, ведь многие открытия сделаны случайно. Является ли гением Христиан Эрстед? Конечно, является, но открытие, снискавшее ему всемирную славу (обнаружение влияния электрического тока на магнитную стрелку компаса), сделано им случайно. Является ли гением Луиджи Гальвани? Безусловно, является, но открытие, благодаря которому он вошел в историю (открытие электричества в

живых организмах), представляло собой случайное наблюдение. Является ли гением Вильгельм Рентген? Разумеется, является, но главное его открытие (рентгеновские лучи) также совершенно случайно. Эти рассуждения можно было бы долго продолжать.

Многие исследователи задумывались о том, каким образом биологическая эволюция создала человеческую логику. Они видели важную научную задачу в том, чтобы выяснить, как в процессе этой эволюции возникли логические формы. Наиболее убедительно эту задачу сформулировал В.Г.Редько в книге «Эволюционная кибернетика» (2001). Резюмируя аргументы, свидетельствующие о настоятельной необходимости решения данной проблемы, Редько пишет: «Итак, есть благородная задача – исследовать процесс эволюционного происхождения интеллекта, и попытаться разобраться, как в этом процессе возникли логические формы, обеспечивающие научное познание природы. Исследования в этом направлении могли бы способствовать естественно-научному обоснованию теории познания и упрочнению фундамента науки» (В.Г.Редько, 2001).

Фактические данные, накопленные в этологии – науке, изучающей интеллект животных, характерные особенности их психики и поведения, - позволяют решить проблему, поставленную В.Г.Редько и другими учеными. Установив отсутствие резкой (непроходимой) грани между психикой человека и животных, этология одновременно собрала большое количество сведений, которые проливают свет на вопрос о биологических корнях человеческой логики. Наиболее ценный материал, который оказался в распоряжении этологов и который не вполне оценен даже самими этологами, - это исследования, показывающие способность различных высокоорганизованных животных к индукции (обобщению) и аналогии (переносу). Уже Л.В.Крушинский выявил у представителей разных биологических видов способность к экстраполяции – мысленному построению траектории движения объекта. Экстраполяцию можно рассматривать как простую (элементарную) форму аналогии, впервые возникающую у животных в процессе эволюции. Человек, строя прогноз событий на некоторое время вперед, как правило, по аналогии экстраполирует (переносит) динамику изменения этих событий из настоящего в будущее. В этом переносе содержится своеобразное обобщение того, что известно сейчас, на то, что произойдет через какой-то промежуток времени. Как установил Л.В.Крушинский, то же самое способны делать животные.

Значительный вклад в понимание сложных психических функций птиц внес О.Келер, коллега и единомышленник одного из основателей этологии К.Лоренца. Широко известную получили опыты Келера по обучению птиц счету, то есть анализу и оперированию числовыми параметрами стимулов. Заставляя птиц делать выбор по образцу, Келер (1956) обнаружил высокую способность птиц к обобщению этих числовых параметров, позволяющую узнавать любые стимулы, состоящие из определенного числа элементов. Похожие исследования провел Уилсон с соавторами (1985), который также обнаружил у птиц способность к обобщению по признаку «сходство». В экспериментах Уилсона птицы успешно справлялись с тестом на перенос. Это означает, что у них произошло обобщение признака «сходство», они смогли сформировать единое правило выбора, общее для разных категорий признаков.

Аналогичные способности были выявлены В.Келлогом и Ш.Райсом (1966) у дельфинов. Решение дельфинами сложных задач по дифференцированию типа «выбора по образцу» и вычленение положительной фигуры при пробах на инвариантность (изменение ее положения) показали, что дельфины, как и обезьяны, способны к обобщениям. Такие формы обобщений уже Л.А.Фирсов (1972) рассматривал как «модель элементарной абстракции». А.П.Надолишня (2007) представила убедительные доказательства того, что дельфинам (афалинам) доступны операции обобщения и переноса, способность формировать в условиях «свободного выбора» обобщенные правила решения задач, основанные на оперировании относительными пространственными признаками «средний» и «верхний», и применять сформированные правила в новых ситуациях. Дельфины оказались способны к переносу ранее сформировавшегося правила выбора стимулов по относительному признаку «одинаковость» (по форме, размеру, материалу) в ситуацию экстренной необходимости выбора стимулов по подобию – одинаковой формы, но разных размера и материала. То есть

дельфины, как и человекообразные обезьяны, могут усваивать отвлеченное правило выбора по образцу и переносить его на новые стимулы после обучения с одним-двумя наборами стимулов.

Что касается обезьян, то первые экспериментальные исследования, показавшие наличие у шимпанзе операций обобщения и абстрагирования, провела Н.Н.Ладыгина-Котс (1913, 1923). Она работала с шимпанзе по имени Иони, который прожил в ее семье два с половиной года. Иони обнаружил способность к наглядно-действенному мышлению, к обобщению нескольких признаков и использованию понятия о тождестве (сходстве) стимулов. Последнее он применял не только в ситуации эксперимента, но и в повседневной жизни. Таким образом, Н.Н.Ладыгина-Котс получила первое экспериментальное доказательство наличия у человекообразной обезьяны способности к обобщению. Это позволило ей говорить о мышлении животных, которое она характеризовала как элементарное.

Широкое внимание привлекли исследования американского зоопсихолога Дэвида Примака (Примэка), который обучил шимпанзе по имени Сара использованию пластиковых жетонов. Эти жетоны в жизни Сары играли роль таких же элементов языка, как жесты для людей, лишенных слуха и речи. Сара без всякого принуждения освоила 120 символов, нанесенных на пластиковые жетоны, и с их помощью свободно изъяснялась. В связи с тем, что Д.Примак (1983) рассматривал способность к построению аналогий как базовую характеристику индуктивного мышления и считал необходимым выяснить, есть ли зачатки этой когнитивной функции у животных, он поставил соответствующие опыты. Эти опыты подтвердили, что шимпанзе способна обобщать отдельные наблюдения и выявлять аналогии между разными предметами. Результаты исследований Д.Примака, особенно эксперименты, убедительно продемонстрировавшие наличие у шимпанзе развитой способности к проведению аналогий, описываются во многих работах. Эти эксперименты названы классическими. Еще раз позволим себе процитировать А.А.Смирнову и З.А.Зорину, которые в книге «О чем рассказали «говорящие обезьяны» (2006) пишут об этих опытах Д.Примака (Примэка): «Эксперимент, где впервые была продемонстрирована способность шимпанзе к выявлению аналогий, давно стал классическим. Его проводили с шимпанзе Сарой, которая была второй после Уошо обезьяной, овладевшей небольшим запасом знаков. В частности, в ее лексикон входили «слова» одинаковый, тождественный и разный. В одном из опытов (рис.11) ей показывали замок и ключ, рядом (симметрично замку) ставили банку с гуашью, а между ними помещали знак тождества, оставив свободное место рядом с ключом. Для выбора ей предлагали консервный нож и кисть – предметы, назначение которых она хорошо знала. В этом случае Сара уверенно выбирала нож, который выполнял ту же функцию, что и ключ, - тоже открывал банку. В следующем опыте ей продемонстрировали лист бумаги и карандаш и предложили выбрать из тех же двух предметов то, что составляет аналогичную пару с банкой гуаши; она уверенно выбрала кисть, которая по своим функциям в данном сочетании была аналогична карандашу. Сара успешно выполнила целый ряд таких тестов на «функциональную аналогию»... (А.А.Смирнова, З.А.Зорина, 2006).

Итак, каковы эволюционные (биологические) истоки логических схем познавательной деятельности? Откуда взялась человеческая логика? Нам приятно осознавать, что, не побоявшись погрузиться в область изучения результатов этологии, мы нашли решение проблемы. Решение заключается в том, что эта логика возникла из интеллекта обезьян, из их способности к операциям обобщения и переноса, которые составляют наиболее важные качества интеллекта вообще, а не только психики животных. Вопрос, поставленный В.Г.Редько в его книге «Эволюционная кибернетика» (2001): как в процессе эволюции появились логические формы, обеспечивающие научное познание природы? - получает свое естественное разрешение! Данные этологии, к которым длительное время относились скептически, свидетельствуют о том, что мозг человекообразных обезьян наделен механизмами обобщения (индукции) и переноса (анalogии) как способов переработки информации. Следовательно, логические формы, составляющие основу мышления человека, эволюционно возникли из элементов этих форм, имеющих у приматов.

Изучая структуру общественного сознания индейских племен, их мифы, наполненные образами богов, героев, людей, явлений природы, рассматривая эти мифы в качестве характерных продуктов примитивной духовной культуры, К.Леви-Стросс сделал вывод об исторической неизменности законов мышления человека. Он пришел к заключению, что по своим интеллектуальным операциям архаическое мышление не отличается от современного: логика мифического мышления является столь же взыскательной, как логика современного мышления. Различия между первобытным и современным мышлением состоят не в логических процедурах, а в содержании информации, которой оперирует первобытный и современный человек. Независимо от К.Леви-Стросса к аналогичным заключениям пришел лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине Даниел Гайдузек. Основываясь на том, что дети первобытных племен, попадая в современную культуру, легко осваивают плоды этой культуры, Гайдузек выступил с идеей о том, что за последнюю сотню тысяч лет мыслительные способности человека не претерпели существенных изменений. В свое время Гайдузек привез в США большое количество детей первобытных племен, обитавших на островах Новой Гвинеи в обстановке каменного века. Ученый усыновил их и заметил, что эти дети, обучаясь в средних и высших учебных заведениях США, впоследствии проявили себя в сфере политики, дипломатии, медицины, математики и т.д. Это и позволило ему сформулировать мысль о неизменности принципов человеческой логики в пространстве последних тысячелетий.

Каким образом можно объяснить неизменность логического мышления нынешних людей и человека, жившего в доисторические времена? Наиболее очевидным является объяснение, в котором указывается на неизменность генов, определяющих такое свойство мозга, как логическое мышление. Другими словами, генетические структуры, благодаря которым каждый индивид приобретает способность мыслить в рамках логических правил, относятся к числу консервативных генетических структур. Реальность этой консервативности, то есть защищенности от изменений (мутирования) генов, контролирующей логическую деятельность мозга, вполне аналогична консервативному характеру других генов, обнаруженных генетиками. В частности, английский биохимик Пол Нерс с сотрудниками обнаружил эволюционную консервативность (неизменность) генов, определяющих цикл деления клеток. За это открытие он был удостоен в 2001 году Нобелевской премии по физиологии и медицине. Другой пример консервативности определенных генов содержится в исследованиях швейцарского ученого Вальтера Геринга, который в начале 1990-х годов установил, что главная генетическая программа, определяющая формирование структур глаза, сохранилась неизменной со времен появления первого предка позвоночных и членистоногих (более 600 миллионов лет назад). Таким образом, неизменность логического мышления, на которую обратили внимание Д.Гайдузек и К.Леви-Стросс, можно объяснить консервативностью генов, обуславливающих логику как важнейшее свойство человеческого интеллекта. В свете понятия консервативных генов, определяющих человеческую логику, легко прийти к заключению, что попытки некоторых специалистов обнаружить биологические различия между людьми по уровню развития интеллекта лишены каких-либо перспектив и оснований. Интеллект в своей работе базируется на логике, а логика контролируется генами, относящимися к категории консервативных. Мутации этих генов означали бы исчезновение указанного интеллектуального свойства, а без него (без логики) организм терял бы все шансы на биологическое выживание. Постоянно действующий в природе отбор наложил запрет на вариации генов, определяющих жизненно важные для организма способности (признаки). Аналогия между консервативностью генов логики и генов, отвечающих за формирование других признаков живого организма (например, генов-контролеров цикла деления клетки или генов, формирующих орган зрения), может служить весомым доводом в пользу отсутствия «одаренности» как объективного понятия, в пользу того, что «природный талант» является псевдопонятием.

В пользу консервативности генов, определяющих такое свойство, как логическое мышление, говорят и исследования этологов. Специалисты в области этологии обнаружили

наличие способности к операциям обобщения и аналогии у самых разных животных (птиц, дельфинов, обезьян). Поскольку даже ранние представители отряда приматов, демонстрирующие свойство логического обобщения (индукции, генерализации), возникли на миллионы лет раньше, чем вид гомо сапиенс, можно сделать вывод, что консервативные гены, контролирующие функцию логического обобщения, существуют и сохраняют свою активность на протяжении миллионов лет. Поэтому вряд ли среди физически здоровых людей, наделенных вполне здоровым мозгом, возможны серьезные биологические вариации в интеллектуальных способностях, а именно в способностях к логическому оперированию информацией.

Еще американский лингвист Дж.Ципф (1947) обнаружил связь между частотой употребления слова и его «возрастом». Чем выше эта частота, тем древнее слово. Другими словами, высокая частота употребления слова в том или ином языке определяет высокую степень консервативности данного слова, его устойчивость в языковой системе (способность сохраняться в том или ином языке сотни и тысячи лет). Учитывая, что исследователями давно уже обнаружена аналогия между лингвистическими и генетическими текстами (между словами языка и генотипа), мы можем констатировать, что консервативность генов, определяющих умственные операции обобщения и переноса, обусловлена высокой частотой употребления этих операций организмами самых разных биологических видов.

Чтобы понять, как выдающиеся люди делают открытия, на основе каких процедур и правил они выдвигают новые идеи, необходимо изучать историю науки, историю научных открытий. В свою очередь, чтобы анализировать исторические факты, раскрывающие процесс возникновения новых идей, необходимо использовать метод историко-научного исследования. В исторической науке этот метод получил название метода историко-научной реконструкции. При всех специфических моментах данного способа исследования, то есть при наличии своеобразных инструментов обработки материала, характерных для него, метод историко-научной реконструкции в своих существенных чертах ничем не отличается от общепризнанных и доказавших свою эффективность методов научного исследования.

Кропотливая и последовательная работа с различными научными текстами прошлого приводит к выводу, что источников, позволяющих понять (реконструировать) историю открытий, гораздо больше, чем документов, закрывающих путь для такой реконструкции. Отсюда можно сделать вывод, что мнение ряда философов, психологов и других ученых о низкой ценности исторических источников в значительной степени определяется тем, что в их поле зрения чаще всего попадали источники отнюдь не самого высокого качества, то есть документы, не содержавшие информацию, необходимую для достоверного описания событий прошлого.

Многие из наших прежних представлений об ограниченности исторических источников теряют свою обоснованность и актуальность. Главная причина этого – Интернет, который сделал возможным быстрый доступ к любым массивам данных, представленных в электронном виде. Уже можно делить историю научных открытий как отдельную сферу знания на два периода: до появления всемирной паутины и после ее появления. Соответственно, целесообразно и самих ученых-историков, занимающихся исследованием процессуальных аспектов творческой деятельности, делить на две категории: живших в эпоху до Интернета и живущих сейчас при его наличии. Колоссальные человеческие ресурсы брошены сегодня на то, чтобы перевести в электронную форму как можно больше информации, накопленной цивилизацией за тысячи лет развития. Стремительный рост объема этой информации, в том числе исторической, ставит историка в уникальное положение: он может теперь сетовать не на недостаток необходимых ему сведений, а на их избыток. Он может говорить теперь не о том, что ему не хватает исторических фактов для описания подлинного процесса возникновения той или иной идеи, а о том, что он испытывает «давление» избытка этих фактов и ему трудно выбрать из них какой-то небольшой круг данных, поскольку все они ему дороги.

Метод историко-научной реконструкции, предполагающий исследование широкого круга источников, которые раскрывают историю научных открытий, позволяет понять ключевой для нашей работы факт. Этот факт состоит в том, что личности, которых мы называем гениями и чьи заслуги внушают нам глубокое уважение, совершают научные открытия с помощью простых мыслительных процедур. Эти процедуры включают в себя в качестве важных составляющих индукцию и аналогию, которые доступны всем представителям вида homo sapiens, наделенным здоровым мозгом. Поскольку операции обобщения и переноса свойственны многим высокоорганизованным животным и, прежде всего, приматам, не будет ошибкой сказать, что гении используют в своем творчестве те же стратегии обобщения и переноса, зачатки (элементы) которых демонстрируют наши эволюционные предшественники.

Конечно, это обстоятельство затрагивает наши глубокие мировоззренческие принципы, наши представления о собственной природе. Впервые нам пришлось существенно пересматривать эти представления, когда Н.Коперник показал, что люди отнюдь не живут в центре Вселенной. Коперник был астрономом, но в его время даже специалисты в области картографии находились во власти парадигмы, согласно которой человеку принадлежит центральное место в окружающем мире. Позже Ч.Дарвин показал, что физиология и поведение человека неразрывно связаны со всей остальной природой, а не отделены от нее непроходимой пропастью. Дарвиновская теория эволюция способствовала распространению мысли о том, что мозг человека – продукт последовательного развития мозга животных. Не исключено, что мы являемся свидетелями еще одного пересмотра традиционных взглядов – пересмотра, приводящего к выводу, что интеллектуальная деятельность даже тех, кого мы называем гениями, связана со схемами переработки информации, доступными приматам и не только им.

Нам осталось рассмотреть последний вопрос – вопрос о возможности создания искусственного интеллекта, о чем мы и поговорим, завершая нашу работу.

Под теорией искусственного интеллекта понимается наука о том, как заставить машину делать то, что умеет делать умный человек. Являясь одним из основных разделов кибернетики, данная дисциплина исследует проблему создания технических устройств, имитирующих человека в его умственной деятельности. Теория искусственного интеллекта очень динамична и развивается стремительно. То, что еще два-три года назад было передовым достижением, сегодня может безнадежно устареть и не соответствовать новым требованиям кибернетики. Идеи и модели появляются почти ежемесячно, в результате чего происходит постепенное накопление арсенала знаний, приемов и методов, которые прошли проверку временем и могут быть рекомендованы для использования при создании разумных машин. Этот золотосный осадок отражается в монографиях ведущих специалистов, работающих в области искусственного интеллекта. Кибернетика (компьютерная наука) привлекает всеобщее внимание потому, что указывает на подобие процессов переработки информации в машинах и живых организмах. Она открыто обращается за помощью к биологии и психологии, рассчитывая получить у них ответы, касающиеся человеческих информационных способностей, и желая использовать полученные сведения при конструировании интеллектуальных технических устройств. В свою очередь, и сами эти науки нередко ассимилируют результаты, ставшие известными в компьютерной области. В теории искусственного интеллекта вопрос о возможности построения правильной теории творческого мышления приобретает новый смысл как вопрос о возможности создания мыслящего автомата.

Многие исследователи называют работы по искусственному интеллекту испытательным полигоном, на котором проверяются различные гипотезы о структуре человеческого мышления. Учитывая, что эта структура расшифровывается путем анализа истории научных открытий, следует подчеркнуть, что история науки и тот круг дисциплин, которые обогащаются благодаря ей, сами могут рассматриваться как полигон для проверки способов и средств создания искусственного разума.

На всем протяжении развития кибернетики высказывалось очень много возражений против способности вычислительных машин к полноценной творческой деятельности. Утверждалось, что вычислительные машины могут делать только то, на что они запрограммированы, что их программное обеспечение никогда не может сравниться с обеспечением мозга, потому что элементы, из которых состоят машины, отличаются от нервных клеток человека. Даже многие кибернетики стали сомневаться в том, что когда-нибудь вычислительные машины будут располагать такими внутренними возможностями по обработке информации, которые позволят им перешагнуть порог изначального несовершенства. Пытаясь довести разумность автоматов до человеческого уровня, ученые добивались значительных результатов, но это все-таки были не те результаты, на которые они надеялись, приступая к работе. Стали раздаваться голоса, что демонстрация разумности вычислительных машин не должна связываться с получением открытий, характерных для выдающихся творцов науки и техники. Эти голоса продолжают звучать и сегодня и отражают не что иное, как огромные технические и теоретические трудности, возникающие в процессе кибернетического моделирования познавательных способностей человека.

Какова основная причина неудач в построении компьютеров, обладающих творческим мышлением и самостоятельно изобретающих вещи, расширяющие горизонты технического и теоретического знания? Анализ информационных ресурсов современных ЭВМ показывает, что эта причина заключается в дедуктивном характере нынешних вычислительных автоматов. Интеллектуальные системы, выходящие из рук кибернетиков, работают по принципу дедуктивной обработки информации, дедуктивного оперирования теми данными, которые закладывает в них человек. Это связано с тем, что дедуктивная логика легче поддается формализации и аксиоматизации, чем индуктивные рассуждения и выводы по аналогии. В отличие от процедур нестрогой (вероятностной) логики дедукция представляет собой такой вид рассуждения, в котором каждое логическое звено (каждый теоретический шаг) однозначно зависит от предыдущего звена и столь же однозначно обуславливает последующие. Эта однозначность и предопределенность позволяют преобразовывать совокупность дедуктивных рассуждений в эффективный алгоритм, который в дальнейшем закладывается в машину и дает ей возможность выполнять ряд высокоинтеллектуальных операций. Однако дедукция воссоздает лишь часть логических процедур, которыми пользуются люди, в том числе выдающиеся ученые, при решении ежедневно встающих задач. Соответственно, кибернетические машины, функционирующие на базе дедукции, воспроизводят не мышление в целом, а лишь одно из его проявлений. Наиболее значимые и оригинальные открытия и изобретения человека осуществляются при помощи операций обобщения и переноса, которые образуют систему вероятностных методов творческого мышления. Несмотря на то, что эти методы не способны застраховывать ученых от ошибок и тупиковых направлений движения, именно они играют основную роль в деятельности первооткрывателей и позволяют им обогащать фонд знаний и технологий общества. Индукция и аналогия как способы переработки информации допускают нечеткую (вероятностную) связь между посылками и заключением, они лишены той алгоритмичности и безотказности, которые характерны для дедукции, но зато они легко разрывают круг представлений, ставших традиционными, помогая осуществить скачкообразный переход от известного к неизвестному. Для того чтобы искусственный интеллект достиг совершенства человеческого мышления, он должен приобрести вероятностную логику. Он должен научиться генерировать утверждения, не обоснованные строго логически, не вытекающие автоматически из определенных фактов. Разумеется, машина, работающая на основе приемов нестрогой логики (а поскольку эти приемы нестрогие, неалгоритмические, их можно отнести и к области эвристики), будет выдавать ошибочные результаты так же, как любой ученый, не боящийся идти на риск и отстаивающий идеи, лишённые строгого обоснования. Искусственный интеллект, не опирающийся на дедуктивные алгоритмы, с неизбежностью будет выдвигать гипотезы, многие из которых не выдержат опытной проверки и должны будут отбрасываться, освобождая место для новых гипотез и новых проверок.

Некоторые исследователи полагают, что задачи, требующие применения метода проб и ошибок, носят нетворческий характер и их не следует причислять к области искусственного интеллекта. Однако история научных открытий свидетельствует, что метод проб и ошибок находит самое широкое применение в интеллектуальной деятельности гениев и очень часто приводит их к удаче, которая ускользала при использовании других интеллектуальных стратегий. В условиях полного отсутствия информации об изучаемом объекте человек применяет процесс последовательного перебора (процесс сплошного скрининга). Поэтому наряду с индуктивным мышлением метод проб и ошибок должен войти в арсенал творческих приемов и средств искусственного интеллекта в качестве важного инструмента познания.

Ранее мы упоминали знаменитую теорему Геделя о неполноте, относящуюся к математической логике и запрещающую существование универсального алгоритма мышления, в самом себе содержащего критерии истинности. Метод проб и ошибок, извлекающий из опыта факты, которые в дальнейшем перерабатываются с помощью вероятностной логики (весьма похожей на эвристику) – это как раз и есть та процедура, которая заменяет ученым универсальный алгоритм. Запрет, исходящий из теоремы Геделя, распространяется не только на человеческий мозг, но и на искусственный интеллект. При любом уровне развития кибернетики, моделирующей человеческое мышление, ей никогда не удастся сконструировать машину, работающую на основе универсального (закрытого) алгоритма, не нуждающегося в эксперименте и опыте. Другими словами, алгоритмические системы как человека, так и автомата должны быть открытыми для притока информации, имеющей опытное (эмпирическое) происхождение. Это еще раз заставляет осознать обнаруженную нами глубокую аналогию между теоремой Геделя о неполноте и принципом Бергаланфи-Пригожина об открытом характере всех самоорганизующихся (диссипативных) структур.

Мы весьма сожалеем, что не смогли в данной работе показать научные идеи, возникшие в результате индуктивного обобщения единичных фактов, ограничившись рассмотрением открытий, толчком (импульсом) для которых послужила аналогия. Ввиду того, что индукция часто основывается на исходных посылах (единичных фактах), обнаруживаемых не без участия метода проб и ошибок и фактора случая, мы могли бы более рельефно продемонстрировать значение самого метода проб и ошибок. Однако сделаем это в другой работе, материалы для которой уже находятся в стадии сбора и анализа.

## Литература

### Список литературы к главе 1

1. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. – М., «Советское радио», 1970.
2. Акопян И.Д. Проблема оснований теоретической биологии. – Ереван, «Лусабац», 2007.
3. Алимбаев Ш. Формула гениальности. – Алма-Ата, «Жалын», 1983.
4. Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2000.
5. Арнольд В.И. Что такое математика? – М., издательство МЦНМО, 2008.
6. Бетяев С.К. Прологомены к метагидродинамике. – Москва-Ижевск, РХД, 2006.
7. Бунге М. Интуиция и наука. – М., «Прогресс», 1967.
8. Бутовская М.Л. Человек и человекообразные обезьяны: языковые способности и возможности диалога // «Зоологический журнал», 2005, том 84, № 1.
9. Величковский Б.В. Когнитивная наука. – М., «Смысл», 2006.
10. Венгар В., Поу Р. Неужели я гений. – СПб., «Питер», 1997.
11. Глушков В.М. Развитие абстрактного мышления и запрет Геделя // Глушков В.М., «Кибернетика. Вопросы теории и практики», Москва, «Наука», 1986.
12. Годфруа Ж. Что такое психология. – М., «Мир», 1992.
13. Грегори Р.Л. Разумный глаз. – М., Эдиториал УРСС, 2003.
14. Гротендик А. Урожай и посевы. – Ижевск, НИЦ РХД, 2001.
15. Гудолл Д. Шимпанзе в природе. – М., «Мир», 1992.
16. Гудстейн Д. Обман в науке // журнал «Успехи физических наук», январь, 1993.
17. Декарт Р. Избранные произведения. – Москва, 1950.
18. Денисова Н.А. В чем заблуждаются физики? – Бишкек, «Илим», 2000.
19. Добронравова И.С. Синергетика: становление нелинейного мышления. – Киев, «Лыбидь», 1990.
20. Дуков В.М. Электродинамика. – М., «Высшая школа», 1975.
21. Жданова Н.С. Нить Ариадны в генетике // журнал «Природа», 2007, № 6.
22. Зайцев А. Краткая история глаза // журнал «Знание-сила», № 3, 2003.
23. Зарипов Р.Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса. – М., Наука, 1983.
24. Зорина З.А., Полетаева И.И. Элементарное мышление животных. – М., «Аспект Пресс», 2002.
25. Зорина З.А., Смирнова А.А. Умеют ли вороны считать? // журнал «Природа», 2001, № 2.
26. Ильенков Э.В. Психика человека под «лупой времени» // журнал «Природа», 1970, № 1.
27. Ильенков Э.В. Психика и мозг // журнал «Вопросы философии», 1968, № 11.
28. Ильенков Э.В. Несомненное и сомнительное в размышлениях Э.Майра // журнал «Природа», 1974, № 9.
29. Ильенков Э.В. Становление личности: к итогам научного эксперимента // журнал «Коммунист», 1977, № 2.
30. Кант И. Прологомены ко всякой будущей метафизике // Кант И., собрание сочинений в 6 томах, том 4, часть 1, Москва, 1965.
31. Капра Ф. Паутина жизни. – М., «София», 2003.
32. Климонтович Ю.Л. Штрихи к портретам ученых. – М., «Янус-К», 2005.
33. Климонтович Н. Синергетика: лозунг или наука? // журнал «Знание-сила», 1982, № 9.
34. Князева Е., Туробов А. Познающее тело // журнал «Новый мир», 2002, № 11.
35. Князева Е. Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе // материалы 1 конференции Немецкого общества сложных систем, 1997.
36. Ковальченко И.Д. Методы исторического исследования. – М., Наука, 1987.
37. Когнитивная психология. Под ред. В.Н.Дружинина и Д.В.Ушакова. – Москва, 2003.

38. Кречмер Э. Гениальные люди. – СПб., «Академический проект», 1999.
39. Крушинская Н.Л., Лисицына Т.Ю. Поведение морских млекопитающих. – М., Наука, 1983.
40. Лалаянц И.Э. Консервативный каскад // газета «Биология», № 48, 2002.
41. Ломброзо Ч. Гениальность и помешательство. – Минск, «Поппури», 2000.
42. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М., Институт компьютерных исследований, 2002.
43. Марков А. Гены управляют поведением, а поведение - генами // сайт «Элементы большой науки», 12.11.2008 г.
44. Михайлов А.С., Упоров И.В. Критические явления в средах с размножением, распадом и диффузией // журнал «Успехи физических наук», 1984, том 144, выпуск 1.
45. Музыкантский А. Теория противоречивости бытия // журнал «В мире науки», 2007, № 3.
46. Мухин Л. Планеты и жизнь. – М., «Молодая гвардия», 1984.
47. Мысль и страсть Ильи Пригожина // журнал «Химия и жизнь», 2004, № 2.
48. Надолишняя А.П. Способность черноморских дельфинов афалин к обобщению по относительным признакам // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Москва, 2007.
49. Наэм Д. Психология и психиатрия в США. – М., «Прогресс», 1984.
50. Никитенков Н.Н., Никитенкова Н.А. Синергетика для инженеров. – Томск, издательство Томского политехнического университета, 2009.
51. Нордау М. Психофизиология гения и таланта. – СПб., «Вестник знания», 1908.
52. Орлов М. Основы классической ТРИЗ. – М., «Солон-Пресс», 2005.
53. Палмер Д., Палмер Л. Эволюционная психология. – СПб., «Прайм-Еврознак», 2003.
54. Панов Е. У порога языка // журнал «Знание-сила», 1979, № 7.
55. Панчул Ю. Эво-дево – магия XXI века // журнал «Новое время», № 23 (69) от 9 июня 2008 г.
56. Петрович Н., Цуриков В. Путь к изобретению. – М., «Молодая гвардия», 1986.
57. Погребысский И.Б. От Лагранжа к Эйнштейну. – М., Наука, 1966.
58. Пойа Д. Математическое открытие. – М., Наука, 1976.
59. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М., Наука, 1975.
60. Поппер К. Объективное знание: эволюционный подход. – М., Эдиториал УРСС, 2002.
61. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. – М., «Радио и связь», 1989.
62. Равич-Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.Л. Психогенетика. – М., «Аспект Пресс», 2006.
63. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика. – М., Наука, 2001.
64. Редько В.Г. На пути к моделированию когнитивной эволюции // Материалы XV международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009.
65. Резникова Ж.И. Язык животных: подходы, результаты, перспективы // книга «Языки науки – языки искусства», Москва, 2004.
66. Резникова Ж.И. Исследование орудийной деятельности как путь к интегральной оценке когнитивных возможностей животных // «Журнал общей биологии», 2006, № 1.
67. Резникова Ж.И. Современные подходы к изучению языкового поведения животных // сборник статей «Разумное поведение и язык», выпуск 1, Москва, 2008.
68. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб., «Питер», 2007.
69. Селье Г. От мечты к открытию. – М., «Прогресс», 1987.
70. Сергеев Б.Ф. Ступени эволюции интеллекта. – Ленинград, Наука, 1986.
71. Смирнова А.А., Зорина З.А. О чем рассказали «говорящие обезьяны». – М., «Языки славянских культур», 2006.
72. Стернберг Р. Учись думать творчески! // сборник «Основные современные концепции творчества и одаренности», Москва, «Молодая гвардия», 1997.
73. Таунс Ч. Квантовая электроника и технический прогресс // журнал «Успехи физических наук», май, 1969.

74. Тихомиров О.К. Психология мышления. – М., «Академия», 2002.
75. Тринг М., Лейтуэйт Э. Как изобретать. – М., «Мир», 1980.
76. Улам С. Приключения математика. – Ижевск, НИЦ РХД, 2001.
77. Фабелинский И.Л. Предсказание и обнаружение тонкой структуры линии Рэлея // журнал «Успехи физических наук», январь, 2000.
78. Феоктистова Н.Ю. Обучение животных человеческим языкам – возможно ли это? // газета «Биология», 2001, № 13.
79. Фрейд З. Леонардо да Винчи. Воспоминания детства. – М., «Рудомино», 1991.
80. Френкель В.Я. Яков Ильич Френкель. – Москва-Ленинград, Наука, 1966.
81. Хакен Г. Тайны природы. – Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003.
82. Хакен Г. Информация и самоорганизация. – М., Эдиториал УРСС, 2005.
83. Харгиттаи И. Откровенная наука: беседы с корифеями биохимии. – М., Эдиториал УРСС, 2006.
84. Хок Р. 40 исследований, которые потрясли психологию. – СПб., «Прайм-Еврознак», 2006.
85. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. – Москва-Томск, 1997.
86. Черниговская Т.В. Что делает нас людьми: почему непременно рекурсивные правила? // сборник статей «Разумное поведение и язык», выпуск 1, Москва, 2008.
87. Чолаков В. Нобелевские премии: ученые и открытия. – М., «Мир», 1986.
88. Энгельс Ф. Диалектика природы. – Москва, 1988.
89. Эренберг М., Эренберг О. Развитие возможностей интеллекта. – Минск, «Поппури», 2004.
90. Эфроимсон В.П. Генетика гениальности. – М., «Тайдекс Ко», 2004.
91. Юревич А.В. Социальная психология науки. – СПб., издательство Русского христианского гуманитарного института, 2001.
92. Юревич А.В. Психология и методология. – М., издательство Институт психологии РАН, 2005.
93. Якушин Б.В. Шимпанзе на дороге к храму языка // Ю.Линден, «Обезьяны, человек и язык», Москва, «Мир», 1981.

## Список литературы к главе 2

1. Абов Ю.Г., Андреев А.Ф., Беляев С.Т. и другие. Василий Васильевич Владимирский // журнал «Успехи физических наук», 1995, август.
2. Абрагам А. Время вспять, или физик, физик, где ты был. – М., Наука, 1991.
3. Абрамович В. Метафизика и космология Николы Тесла // журнал «Дельфис», № 1 (17), 1999.
4. Абрикосов А., Халатников И. Современная теория сверхпроводимости // журнал «Успехи физических наук», 1958, август.
5. Абрикосов А.А., Альтшулер Б.Л., В.Г.Вакс и другие. Памяти Анатолия Ивановича Ларкина // журнал «Успехи физических наук», 2005, сентябрь.
6. Адеев Г.Д., Ванин Д.В. Стохастический подход к динамике деления // «Вестник Омского университета», 1999, выпуск 1.
7. Азерников В. Неслучайные случайности. – Москва, 1972.
8. Азерников В. Великие открытия. – М., Олма-Пресс, 2000.
9. Азимов А. Миры внутри миров. – М., Центрполиграф, 2004.
10. Азимов А. Выбор катастроф. – СПб., Амфора, 2002.
11. Академик Л.И.Мандельштам. К 100-летию со дня рождения. Под ред. Кононенко Л.Е. – М., Наука, 1979.
12. Александров Е.Б., Алферов Ж.И. и другие. Памяти Бориса Петровича Захарчени // журнал «Успехи физических наук», 2006, август.
13. Алексеева Л. Сполохи над Холмогорами // сборник «Полярный круг», Москва, «Мысль», 1986.
14. Аллен Л., Эберли Дж. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. – М., Мир, 1978.

15. Альтшулер С.А. Парамагнитное поглощение звука // журнал «Успехи физических наук», 1961, ноябрь.
16. Алферов Ж. Физика и жизнь. – СПб., Наука, 2000.
17. Амусья М., Перельман М. Три его открытия были достойны Нобелевской премии // журнал «Вестник», 2004, № 5 (342).
18. Амусья М. Об одной не присужденной Нобелевской премии. Крупнейшее открытие аспиранта Ю.Неемана // журнал «Заметки по еврейской истории», 2007, № 12.
19. Андерсон Д. Когнитивная психология. – СПб., Питер, 2002.
20. Андреев А. Этьен Малюс и его открытие // журнал «Квант», 1995 г., № 4.
21. Андреев А.Ф., Болотовский Б.М., Гинзбург В.Л. Памяти Давида Абрамовича Киржница // журнал «Успехи физических наук», 1999, январь.
22. Андреев И.В., Гинзбург В.Л. и другие. Памяти Евгения Львовича Фейнберга // журнал «Успехи физических наук», 2006, июнь.
23. Андрианов И.В., Баранцев Р.Г., Маневич Л.И. Асимптотическая математика и синергетика: путь к целостной простоте. 2004.
24. Аносов Д.В., Болибрух А.А., Васильев В.А. и другие. Владимир Игоревич Арнольд // журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 5 (317).
25. Анри В.А. М.Ф.Смолуховский // журнал «Успехи физических наук», 1918, январь.
26. Ансельм А.И. Яков Ильич Френкель // журнал «Успехи физических наук», 1952, июль.
27. Акимов О.Е. Кто открыл основы классической механики // электронный сайт «Sceptic Ration» («Скептический Разум»).
28. Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2000.
29. Арнольд В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук. – М., Наука, 1989.
30. Арнольд В.И. Теория катастроф. – М., Наука, 1990.
31. Арнольд В.И. Недооцененный Пуанкаре // журнал «Успехи математических наук», 2006, том 61, выпуск 1 (367).
32. Арнольд В.И., Березанский Ю.М., Далецкий Ю.Л. и другие. Селим Григорьевич Крейн // журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 6 (318).
33. Астафьев В.И., Радаев Ю.Н., Степанова Л.В. Нелинейная механика разрушения. 2004.
34. Ахманов С.А. Метод Хохлова в теории нелинейных волн // журнал «Успехи физических наук», 1986, том 149, выпуск 3.
35. Балыкин В.И., Беков Г.И., Летохов В.С., Мишин В.И. Лазерное детектирование единичных атомов // журнал «Успехи физических наук», 1980, октябрь.
36. Барашенков В. Великая тайна Всемирного тяготения // журнал «Знание-сила», 1987, № 1.
37. Бартенев Г.М. Френкель С.Я. Физика полимеров. – Ленинград, «Химия», 1990.
38. Баюк Д. Здесь идеальное место – никаких перспектив! // газета «Троицкий вариант», № 9 (28), 12 мая 2009 г.
39. Бекенштейн Я. Информация в голографической Вселенной // журнал «В мире науки», 2003, № 11.
40. Белинский В.А. Солитоны в теории гравитации // журнал «Успехи физических наук», 1982, март.
41. Белый Ю.А. Иоганн Кеплер. – М., Наука, 1971.
42. Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталева О.А. Квантовая телепортация – обыкновенное чудо. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2000.
43. Беляев С.Т., Зелевинский В.Г. Нильс Бор и физика атомного ядра // журнал «Успехи физических наук», 1985, том 147, выпуск 2.
44. Бендриков Г.А., Сидорова Г.А. Александр Адольфович Витт // сборник «История и методология естественных наук», выпуск 26, 1981.
45. Бернштейн Н.А. Современные искания в физиологии нервного процесса. – М., Смысл, 2003.

46. Биленький С.М. Смешивание и осцилляции нейтрино // журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра», 1987, том 18, выпуск 3.
47. Биленький С.М., Понтекорво Б.М. Смешивание лептонов и осцилляции нейтрино // журнал «Успехи физических наук», 1977, том 123, выпуск 2.
48. Бинниг Г. Нобелевская лекция «Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности» // журнал «Успехи физических наук», 1988, февраль.
49. Близнецова А. Холодный расчет // журнал «Популярная механика», июль 2003.
50. Богданов А. Ударная волна // электронная энциклопедия «Кругосвет».
51. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. – М., Экономика, 1989.
52. Богущ А.А. Очерки по истории физики микромира. – Минск, «Наука и техника», 1990.
53. Болотовский Б.М. Оливер Хевисайд. – М., Наука, 1985.
54. Болотовский Б.М. Роскошь общения с Гургеном Аскарьяном // журнал «Природа», 2000, № 2.
55. Бондаренко Б.Д. Роль О.А.Лаврентьева в постановке вопроса и инициировании исследований по управляемому термоядерному синтезу в СССР // журнал «Успехи физических наук», 2001, август.
56. Бор Н. Нобелевская лекция «О строении атомов» // журнал «Успехи физических наук», 1923, апрель.
57. Борисов В.П. Изобретение вакуумного насоса и крушение догмы «боязни пустоты» // журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 2002, № 4.
58. Борисов В.П. Вакуум: от натурфилософии до диффузионного насоса. – М., НПК «Интелвак», 2001.
59. Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М., Иностранная литература, 1963.
60. Брокхауз Б. Нобелевская лекция «Спектроскопия медленных нейтронов и Великий Атлас физического мира» // журнал «Успехи физических наук», 1995, декабрь.
61. Бурылов И.А., Кузнецова О.Е., Фирулев А.В. О двух внешних силах, создающих гидродинамический альфа-эффект в несжимаемой жидкости // сборник «Математическое моделирование в естественных науках», Пермь, 2001.
62. Браун С. Краткая история газовой электроники // журнал «Успехи физических наук», 1981, апрель.
63. Бройль Л. По тропам науки. – М., Издательство иностранной литературы, 1962.
64. Бройль Л. Таинственная постоянная  $h$  – великое открытие Макса Планка // сборник «Вернер Гейзенберг. У истоков квантовой теории», 2004.
65. Брэгг У.Л. Рентгеновская кристаллография // журнал «Успехи физических наук», март, 1969.
66. Будкер А.М. Ускорители со встречными пучками частиц // журнал «Успехи физических наук», 1966, август.
67. Букингом М. Шумы в электронных приборах и системах. – М., Мир, 1986.
68. Буш Г.Я. Методы технического творчества. – Рига, «Лиесма», 1972.
69. Быховский М.А. Пионеры информационного века: история развития теории связи. – М., Техносфера, 2006.
70. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – М., Наука, 1989.
71. Валянский С.И. Микроскоп на поверхностных плазмонах // «Соросовский образовательный журнал», 1999, № 8.
72. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории. – М., Эдиториал УРСС, 2004.
73. Вайнберг С. Нобелевская лекция «Идейные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий» // журнал «Успехи физических наук», 1980, октябрь.
74. Вайнберг С. Первые три минуты. – Ижевск, НИЦ РХД, 2000.
75. Вайнберг С. Единые теории взаимодействия элементарных частиц // журнал «Успехи физических наук», 1976, март.
76. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М., Атомиздат, 1977.

77. Вайскопф В.Ф. Как мы выросли вместе с теорией поля // журнал «Успехи физических наук», 1982, ноябрь.
78. Ван-Флек Д. Нобелевская лекция «Квантовая механика – ключ к пониманию магнетизма» // журнал «Успехи физических наук», 1979, том 127, выпуск 1.
79. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы в распределенных кинетических системах // журнал «Успехи физических наук», 1979, том 128, выпуск 4.
80. Вейль Г. Математическое мышление. – М., Наука, 1989.
81. Вейль Г. Симметрия. – Москва, ЛКИ, 2007.
82. Вернадский В.И. Избранные труды. Кристаллография. Под ред. Урусова В.С. - М., Наука, 1988.
83. Веселовский И.Н., Белый Ю.А. Николай Коперник. – М., Наука, 1971.
84. Визгин В.П., Смородинский Я.А. От принципа эквивалентности к уравнениям тяготения // журнал «Успехи физических наук», 1979, том 128, выпуск 3.
85. Вильсон К. Нобелевская лекция «Ренормализационная группа и критические явления» // журнал «Успехи физических наук», 1983, октябрь.
86. Вильчек Ф. Нобелевская лекция «Асимптотическая свобода: от парадоксов к парадигмам» // журнал «Успехи физических наук», 2005, декабрь.
87. Винер Н. Я - математик // книга «Творец и будущее», Москва, АСТ, 2003.
88. Винер Н. Мое отношение к кибернетике. Ее прошлое и будущее. – М., «Советское радио», 1969.
89. Вишик М.И., Комеч А.И., Фурсиков А.В. Некоторые математические задачи статистической гидромеханики // журнал «Успехи математических наук», 1979, том 34, выпуск 5 (209).
90. Владимиров В.С., Герштейн С.С., Кадышевский В.Г. Анатолий Алексеевич Логунов // журнал «Успехи физических наук», 2007, январь.
91. Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа // журнал «Успехи физических наук», 1967, ноябрь.
92. Волков А. Время прощаться с квазарами // журнал «Знание-сила», 2002, № 4.
93. Волков М.К., Первушин В.Н. Фундаментальные проблемы квантовой теории поля // журнал «Успехи физических наук», 1977, том 121, выпуск 1.
94. Волькенштейн М.В. Термодинамика сетей и биология // журнал «Успехи физических наук», 1982, апрель.
95. Воронцов-Вельяминов Б.Н. Лаплас. – М., Наука, 1985.
96. Воскресенский Д.Н. Нейтронные звезды // сайт журнала «Путь в науку».
97. Воспоминания о Я.И.Френкеле. – Ленинград, Наука, 1976.
98. Воспоминания о И.Е.Тамме. Под ред. Е.Л.Фейнберга. – М., Наука, 1986.
99. Воспоминания об академике М.А.Леонтовиче. Под ред. Кадомцева Б.Б. – М., Наука, 1990.
100. Воспоминания о И.Я.Померанчуке. Под ред. Окунь Л.Б. – М., Наука, 1988.
101. Воспоминания о Л.Д.Ландау. Под ред. Халатникова И.М. – М., Наука, 1988.
102. Воспоминания об академике А.Б.Мигдале. – М., Физматлит, 2003.
103. Вяльцев А.Н. Открытие элементарных частиц. – М., Наука, 1981.
104. Гегузин Я.Е. Капля. – М., Наука, 1977.
105. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М., Наука, 1989.
106. Гельфанд И.М., Яглом А.М. Интегрирование в функциональных пространствах и его применения в квантовой физике // журнал «Успехи математических наук», 1956, том 11, выпуск 1 (67).
107. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М., Высшая школа, 1969.
108. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. – М., Высшая школа, 1981.
109. Генденштейн Л.Э., Криве И.В. Суперсимметрия в квантовой механике // журнал «Успехи физических наук», 1985, том 146, выпуск 4.

110. Гернек Ф. Пионеры атомного века. – М., Прогресс, 1974.
111. Герштейн С.С. На заре ядерной физики // журнал «Природа», 2004, № 8.
112. Герштейн С.С. История идеи // Международный ежегодник «Холодный синтез», или третий путь получения ядерной энергии», М., «Знание», 1988.
113. Герштейн С.С. Работы Я.Б.Зельдовича и современная физика частиц // журнал «Успехи физических наук», 2004, август.
114. Герштейн С.С. Воспоминания и размышления о Бруно Понтекорво // журнал «Природа» 1998, № 4.
115. Гиндикин С.Г. Рассказы о физиках и математиках. – М., МЦНМО, 2006.
116. Гинзбург В. О науке, о себе и о других. – М., Физматлит, 2003.
117. Гинзбург В.Л. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости // журнал «Успехи физических наук», май, 1968.
118. Глаголев К.В., Морозов А.Н. Физическая термодинамика. – М., МГТУ им.Баумана, 2007.
119. Глаубер Р. Теория столкновений адронов высокой энергии с ядрами // журнал «Успехи физических наук», апрель, 1971.
120. Глаубер Р. Нобелевская лекция «Сто лет квантам света» // журнал «Успехи физических наук», 2006, декабрь.
121. Глебов А.Н., Буданов А.Р. Структурно-динамические свойства водных растворов электролитов // «Соросовский образовательный журнал», 1996, № 9.
122. Глэшоу Ш. Нобелевская лекция «На пути к объединенной теории – нити в гобелене» // журнал «Успехи физических наук», 1980, октябрь.
123. Глэшоу Ш. Очарование физики. – Москва, НИЦ РХД, 2002.
124. Глинер Э.Б. Раздувающаяся Вселенная и вакуумоподобное состояние физической среды // журнал «Успехи физических наук», 2002, февраль.
125. Глязер Г. Исследователи человеческого тела от Гиппократов до Павлова. – М., Медгиз, 1956.
126. Гнедина Т.Е. Поль Ланжевэн. – М., Наука, 1991.
127. Говард Д. Джон Уильям Стрэтт // журнал «Успехи физических наук», 1966, январь.
128. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. – М., Высшая школа, 1989.
129. Голубятников А.Н. О концентрации кинетической энергии при фазовых переходах // сборник тезисов Всероссийской конференции «Успехи механики сплошных сред», Владивосток, 2009.
130. Гончаров Г.А. К пятидесятилетию начала исследований в СССР возможности создания термоядерного реактора // журнал «Успехи физических наук», 2001, август.
131. Горбацкий В.Г. Лекции по истории астрономии. – СПб., Издательство СПбГУ, 2002.
132. Горелик Г.Е. Матвей Бронштейн и квантовая гравитация. К 70-летию нерешенной проблемы // журнал «Успехи физических наук», 2005, октябрь.
133. Горелик Г.С. Памяти А.А.Андропова // журнал «Успехи физических наук», 1953, март.
135. Горелик Г.Е., Френкель В.Я. Матвей Петрович Бронштейн. – М., Наука, 1990.
136. Горобец Б. Круг Ландау. – Москва-Санкт-Петербург, Летний сад, 2006.
137. Готт В.С. Философские вопросы современной физики. – М., Высшая школа, 1988.
138. Гриббин Д., Гриббин М. Ричард Фейнман: жизнь в науке. - Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2002.
139. Григорьян А.Т. Погребысский И.Б. История механики с конца 18 века до середины 20 века. – М., Наука, 1972.
140. Григорьян А.Т. Механика от античности до наших дней. - М., Наука, 1974.
141. Грин Б. Элегантная Вселенная. – М., Эдиториал УРСС, 2004.
142. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. – М., Наука, 1989.
143. Гулаков А.В., Сазонов С.В. Эффект электромагнитно-акустической прозрачности в парамагнитном кристалле // сборник трудов третьей международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики», СПб., октябрь 2004 г.

144. Гуревич Б.М. Динамические аспекты статистической физики в работах Р.Л.Добрушина // журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 2 (314).
145. Гуриков В.А. Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения. 1981.
146. Данилов Ю.А., Смородинский Я.А. Иоганн Кеплер: от «мистерии» до «гармонии» // журнал «Успехи физических наук», 1973, январь.
147. Данин Д. Вероятностный мир. – М., Знание, 1981.
148. Даннеман Ф. История естествознания в трех томах. – Москва-Ленинград, ОНТИ, 1932-1938.
149. Де Жен П. Физика жидких кристаллов. – М., Мир, 1977.
150. Де Жен П. Идеи скейлинга в физике полимеров. – М., Мир, 1982.
151. Демин В. Циолковский. – М., Молодая гвардия, 2005.
152. Джелепов В.П. Гений Бруно Понтекорво // мемориальный электронный сайт Бруно Понтекорво.
153. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. – М., Наука, 1985.
154. Джефф Б. Майкельсон и скорость света. – М., Издательство иностранной литературы, 1963.
155. Джозефсон Б. Нобелевская лекция «Открытие туннельных сверхпроводящих токов» // журнал «Успехи физических наук», 1975, август.
156. Дирак П. Воспоминания о необычайной эпохе. – М., Наука, 1990.
157. Дирак П. Релятивистское волновое уравнение электрона // журнал «Успехи физических наук», 1979, том 129, выпуск 4.
158. Дой М., Эдвардс С. Динамическая теория полимеров. – М., Мир, 1998.
159. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики. – М., КомКнига, 2007.
160. Дремин И.М. Об адронных аналогах черенковского, переходного и тормозного излучения // журнал «Успехи физических наук», 1982, август.
161. Дремин И.М., Леонидов А.В. Теоретические поиски коллективных эффектов в множественном рождении частиц // журнал «Успехи физических наук», 1995, том 165, № 7.
162. Дремин И.М. Об адронных аналогах черенковского, переходного и тормозного излучения // журнал «Успехи физических наук», 1982, август.
163. Дубовой Э.И. По следам невидимок. – М., Знание, 1985.
164. Дунская И.М. Возникновение квантовой электроники. – М., Наука, 1974.
165. Дуков В.М. Развитие теории электромагнитного поля в трудах русских физиков до опытов Герца // журнал «Успехи физических наук», 1953, апрель.
166. Дуков В.М. Электродинамика. – М., Высшая школа, 1975.
167. Дэвис Р. Нобелевская лекция «Полвека с солнечным нейтрино» // журнал «Успехи физических наук», 2004, апрель.
168. Дьяконов Д. Смешивание кварков и загадочная масса протонов // газета «Полит Ру», 3 декабря 2008 года.
169. Ельяшевич М.А., Кембровская Н.Г., Томильчик Л.М. Вальтер Ритц как физик-теоретик и его исследования по теории атомных спектров // журнал «Успехи физических наук», 1995, апрель.
170. Ергин Ю. Академик М.А.Лаврентьев в Уфе в годы войны // журнал «Бельские просторы», 2006, № 2.
171. Еремеева А.И. Астрономическая картина мира и ее творцы. – М., Наука, 1984.
172. Еремеева А.И., Цицин Ф.А. История астрономии. – М., издательство МГУ, 1989.
173. Еремеева А.И. Беспокойный гений Эрнста Хладни // журнал «Природа», 2006, № 12.
174. Жигалов М.В. Методы понижения порядка дифференциальных уравнений механики деформированного твердого тела // журнал «Вестник Саратовского государственного технического университета», 2006, выпуск 2, № 1 (11).
175. Жувикин Г. Лабиринты фотонных кристаллов // журнал «Компьютерра», № 30 от 13 августа 2001 года.

176. Запасский В.С., Козлов Г.Г. Поляризованный свет в анизотропной среде и спин в магнитном поле // журнал «Успехи физических наук», 1999, август.
177. Звездин А.К. Квантовая механика плененных фотонов // журнал «Природа», 2004, № 10.
178. Звездин А.К., Попков А.Ф., Четкин М.В. Динамика солитонов в доменной границе ферромагнетика // журнал «Успехи физических наук», 1992, декабрь.
179. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. – М., Наука, 1984.
180. Зельдович Я.Б., Хлопов М.Ю. Драма идей в познании природы. – М., Наука, 1988.
181. Зельдович Я.Б. Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии // журнал «Успехи физических наук», 1981, март.
182. Иванов К.Ф., Сурков С.В. Механика жидкости и газа. – Одесса, ОГПУ, 1995.
183. Иваненко Д., Старцев А. Классификация элементарных частиц // журнал «Успехи физических наук», 1960, декабрь.
184. Иваненко Д.Д., Курдгелаидзе Д.Ф. Гипотеза кварковых звезд // журнал «Астрофизика», 1965, № 1.
185. Ивин А.А. Искусство правильно мыслить. – М., Просвещение, 1990.
186. Игнатович В.Н. Введение в диалектико-материалистическое естествознание. 2007.
187. Ильин М. Человек и стихия // М.Ильин, «Избранные произведения» в 3-х томах, том 3-й, Москва, 1962.
188. Иоффе А.Ф. Пьер Кюри // журнал «Успехи физических наук», 1956, апрель.
189. История механики с древнейших времен до конца 18 века. Под ред. Григорьяна А.Т. и Погребыского И.Б. – М., Наука, 1971.
190. Исследования по истории физики и механики. – М., Наука, 2002.
191. Ишханов Б.С., Кэбин Э.И. Физика ядра и частиц, XX век. – М., Издательство МГУ, 2000.
192. Йошида С. Физическая мезомеханика как полевая теория // журнал «Физическая мезомеханика», 2005, том 8, № 5.
193. Каганович Б.М., Кейко А.В., Шаманский В.А. Равновесное термодинамическое моделирование диссипативных макроскопических систем. – Иркутск, ИСЭМ СО РАН, 2007.
194. Каганов М.И., Цукерник В.М. Природа магнетизма. – М., Наука, 1982.
195. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. – М., Наука, 1976.
196. Кадомцев Б.Б. От МТР до ИГЭР // журнал «Успехи физических наук», 1996, май.
197. Капра Ф. Паутина жизни. – М., София, 2003.
198. Карнаухова В.А. Горячие ядра и фазовый переход жидкость-газ в ядерном веществе // журнал «Природа», 2000, № 2.
199. Карцев В. Приключения великих уравнений. – М., Знание, 1986.
200. Карцев В. Максвелл. – М., Молодая гвардия, 1976.
201. Карцев В. Магнит за три тысячелетия. – М., Энергоатомиздат, 1988.
202. Кастлер А. Жизнь и творчество Леона Бриллюэна // журнал «Успехи физических наук», январь, 1972.
203. Кафиев Ю.Н. Аномалии и теория струн. – М., Наука, 1991.
204. Каховский Л. Нарушенные симметрии // журнал «Химия и жизнь», 2008, № 12.
205. Кедров Б.М. Мировая наука и Менделеев. – М., Наука, 1983.
206. Кедров Ф. Цепная реакция идей. – М., Знание, 1975.
207. Кеттерле В. Нобелевская лекция «Когда атомы ведут себя как волны. Бозе-эйнштейновская конденсация и атомный лазер» // журнал «Успехи физических наук», 2003, декабрь.
208. Киржниц Д.А. Сверхпроводимость и элементарные частицы // журнал «Успехи физических наук», 1978, май.
209. Климонтович Н. Термодинамика узнает себя в синергетике // журнал «Знание-сила», 1983, № 3.

210. Климонтович Ю.Л. Флуктуационно-диссипационные соотношения. Роль конечности времени корреляции. Квантовое обобщение формулы Найквиста // журнал «Успехи физических наук», 1987, том 151, выпуск 2.
211. Климонтович Ю.Л. Штрихи к портретам ученых. – М., Янус-К, 2005.
212. Кляус Е.М. Томас Юнг // сборник «Творцы физической оптики», Москва, Наука, 1973.
213. Кляус Е.М. Х.Лоренц. – М., Наука, 1974.
214. Кляус Е.М., Франкфурт У.И. Макс Планк. – М., Наука, 1980.
215. Кнорре Е. Фантастика, ставшая явью // «Альманах научной фантастики», Москва, «Знание», 1967.
216. Коваленко А.Д. Введение в термоупругость. – Киев, Наукова думка, 1965.
217. Ковнер М.А. Квантово-механический резонанс и обменные силы в трудах Гейзенберга // электронный сборник «Исследования по истории физики и механики в 2000-2005 годах», 2005.
218. Козенко А.В. Джеймс Хопвуд Джинс. – М., Наука, 1985.
219. Кольман Э. История математики в древности. – М., Физматлит, 1961.
220. Комаров С.М. Споры о структуре воды // журнал «Химия и жизнь», 2007, № 3.
221. Компан М. Прорыв // электронный журнал «ПЕРСТ», 2000, том 7, выпуск 11.
222. Конопельченко Б.Г., Румер Ю.Б. Атомы и адроны (проблемы классификации) // журнал «Успехи физических наук», 1979, октябрь.
223. Кошманов В.В. Карно, Клапейрон, Клаузиус. – М., «Просвещение», 1985.
224. Кравец Т.П. П.Н.Лебедев и световое давление // журнал «Успехи физических наук», 1952, март.
225. Крылов А.Н. Некоторые воспоминания о Н.Е.Жуковском // А.Н.Крылов, «Воспоминания и очерки», 1956.
226. Крылов А.Н. Мои воспоминания. – М., издательство Академии наук СССР, 1963.
227. Крылов А.Н. Северные сияния и магнитные бури // журнал «Успехи физических наук», 1993, апрель.
228. Крылов О.В. Будет ли конец науки? // «Российский химический журнал», 1999, № 6.
229. Кудрявцев П.С. Исаак Ньютон. – М., УЧПЕДГИЗ, 1963.
230. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М., Просвещение, 1982.
231. Кудрявцев П.С. Эванджелиста Торричелли. – М., УЧПЕДГИЗ, 1958.
232. Кудрявцев П.С. Максвелл. – М., Просвещение, 1976.
233. Кудрявцев С.П. Д.Д.Томсон. – М., Просвещение, 1986.
234. Кудряшов Н.А. Нелинейные волны и солитоны // «Соросовский образовательный журнал», 1997, № 2.
235. Кузнецов В.И., Зайцева З.А. Химия и химическая технология. Эволюция взаимосвязей. – М., Наука, 1984.
236. Кузнецов П.Г. Искусственный интеллект и разум человеческой популяции // Международный электронный журнал «Устойчивое развитие: наука и практика», 2008, специальный выпуск.
237. Кузнецов С.П. Динамический хаос. – М., Физматлит, 2001.
238. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.М. Нелинейные колебания. – М., Физматлит, 2002.
239. Купер Л. Физика для всех. Том 2. – М., «Мир», 1974.
240. Кутателадзе С.С. Сергей Соболев и Лоран Шварц: две судьбы, две славы // журнал «Вестник РАН», том 75, № 4, 2005.
241. Кутателадзе С.С. Рабочая автобиография // электронный ресурс, размещенный на сайте Института математики СО РАН.
242. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М., Атомиздат, 1979.
243. Куш П. Магнитный момент электрона // журнал «Успехи физических наук», 1967, сентябрь.
244. Лазукин В.Н. Циклотронный резонанс // журнал «Успехи физических наук», 1956, июль.

- Лауреаты Нобелевской премии. – М., Прогресс, 1992.
245. Лебедев Е. Ломоносов. – М., Молодая гвардия, 1990.
246. Лебединский А.В., Франкфурт У.И., Френк А.М. Гельмгольц. – М., Наука, 1966.
247. Левин А. Струнный концерт для Вселенной // журнал «Популярная механика», 2006, март.
248. Леггет Э. Нобелевская лекция «Сверхтекучий  $He^3$ : ранняя история глазами теоретика» // журнал «Успехи физических наук», 2004, ноябрь.
249. Лернер М.Е., Репин О.А. Краевая задача для уравнений смешанного типа в областях с многосвязными подобластями гиперболичности // «Сибирский математический журнал», 2003, том 44, № 1.
250. Ли Д.М. Нобелевская лекция «Необычные фазы жидкого  $He$ » // журнал «Успехи физических наук», 1997, декабрь.
251. Линде А.Д. Раздувающаяся Вселенная // журнал «Успехи физических наук», 1984, октябрь.
252. Лисовская Е.В., Яхонтова Г.А. Великие ученые 20 века. – М., Мартин, 2001.
253. Лифшиц И.М., Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Объемные взаимодействия в статистической физике полимерной макромолекулы // журнал «Успехи физических наук», 1979, март.
254. Логунов А.А., Александров А.П. Бруно Понтекорво // журнал «Успехи физических наук», 1973, сентябрь.
255. Льюис М. История физики. – М., Мир, 1970.
256. Любимов Ю.А. Джордж Грин: жизненный путь и творчество // журнал «Успехи физических наук», 1994, том 164, № 1.
257. Люди русской науки. Том 1. Под ред. Кузнецова И.В., Москва-Ленинград, ОГИЗ, 1948.
258. Ляв А. Математическая теория упругости. – Москва-Ленинград, ОГИЗ, 1935.
259. Макарова В. Физическая мезомеханика – ключ ко многим проблемам будущего // газета «Наука в Сибири», № 34-35 (2420-2421).
260. Малов Н.Н. Владимир Константинович Аркадьев // журнал «Успехи физических наук», 1954, март.
261. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М., Институт компьютерных исследований, 2002.
262. Мандельштам Л.И. О научных работах А.Н.Крылова // сборник «Академик Л.И.Мандельштам. К 100-летию со дня рождения», под ред. С.М.Рытова, Москва, «Наука», 1979.
263. Манолов К.Р., Тютюнник В.М. Биография атома. – М., Мир, 1985.
264. Марк С. Никола Тесла – повелитель Вселенной. – М., Яуза, Эксмо, 2007.
265. Марков М.А. Размышляя о физиках, о физике, о мире. – М., Наука, 1993.
266. Марочник Л.С., Сучков А.А. Проблема спиральной структуры галактик // журнал «Успехи физических наук», 1974, том 112, выпуск 2.
267. Маслов В.П. Комплексные марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана. – М., Наука, 1976.
268. Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций. Под ред. Колмогоров А.Н. и Юшкевич А.П. – М., Наука, 1987.
269. Мах Э. Познание и заблуждение. – М., Бином, 2003.
270. Маханьков В.Г., Рыбаков Ю.П., Санюк В.И. Модель Скирма и сильные взаимодействия // журнал «Успехи физических наук», 1992, февраль.
271. Медведев Б.В., Зубарев Д.Н., Поливанов М.К., Митропольский Ю. Николай Николаевич
272. Боголюбов // журнал «Успехи физических наук», август, 1969.
273. Медведев Б.В. Н.Н.Боголюбов и матрица рассеяния // журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299).
274. Мейерович Б.Э. Гравитационные свойства космических струн // журнал «Успехи физических наук», 2001, октябрь.

275. Мигдал А.А. Стохастическое квантование теории поля // журнал «Успехи физических наук», 1986, том 149, выпуск 1.
276. Мигдал А.Б. Нильс Бор и квантовая физика // журнал «Успехи физических наук», 1985, том 147, выпуск 2.
277. Михайлов Г.К. Леонардо да Винчи, кто он? // журнал «Природа», 2004, № 9.
278. Михайлов Г. Рябушинский Дмитрий Павлович // электронная энциклопедия «Кругосвет».
279. Михал С. Вечный двигатель вчера и сегодня. – М., Мир, 1984.
280. Мозер Ю. Динамические системы – прошлое и настоящее // журнал «Нелинейная динамика», 2009, том 5, № 1.
281. Монин А.С. Геофизическая турбулентность // журнал «Успехи математических наук», 1983, том 38, выпуск 4 (232)
282. Мороз О. Свет озарений. – М., Знание, 1980.
283. Мотгельсон Б. Нобелевская лекция «Элементарные виды возбуждения в ядрах» // журнал «Успехи физических наук», 1976, декабрь.
284. Моффат К. Вихревая динамика: наследие Гельмгольца и Кельвина // журнал «Нелинейная динамика», 2006, том 2, № 4.
285. Мусский С.А. 100 великих нобелевских лауреатов. – М., Вече, 2006.
286. Мышкис А.Д. Советские математики. Мои воспоминания. – М., Издательство ЛКИ, 2007.
287. Накоряков В.Е. Что отдашь – тебе прибудет... // газета «Наука в Сибири», 1986, № 15.
288. Незлин М.В. Волны с отрицательной энергией и аномальный эффект Допплера // журнал «Успехи физических наук», 1976, ноябрь.
289. Незлин М.В. Солитоны Россби // журнал «Успехи физических наук», 1986, сентябрь.
290. Нестеренко В., Сорин А. Асимптотическая свобода – триумф квантовой теории поля // еженедельник ОИЯИ «Дубна», № 40, 2004.
291. Никитенков Н.Н., Никитенкова Н.А. Синергетика для инженеров. - Томск, издательство Томского политехнического университета, 2009.
292. Никифоров И.И. Замороженное электричество // журнал «Химия и жизнь», 1974, № 12.
293. Новиков И. Черные дыры и Вселенная. 1985.
294. Носов Ю.Р. Создание светодиодов и лазеров: вклад российских ученых // журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 2006, № 4.
295. Овчинников Н.Ф. Методологические принципы в истории научной мысли. – М., Эдиториал УРСС, 1997.
296. Овчинников М.Ю. История квантовой химии // сайт «Уфимское квантовохимическое общество».
297. Озеров Р.П. История нейтронографии и тенденции ее развития // журнал «Успехи физических наук», 1997, май.
298. Оконов Э.О. Распадные свойства тяжелых мезонов и гиперонов // журнал «Успехи физических наук», 1959, февраль.
299. Олемской А.И., Хоменко А.В. Феноменологические уравнения стеклования жидкости // «Журнал технической физики», 2000, том 70, выпуск 6.
300. Окунь Л.Б. Понятие массы // журнал «Успехи физических наук», 1989, том 158, выпуск 3.
301. Онищенко О.Г., Похотелов О.А., Астафьева Н.М. Генерация крупномасштабных вихрей и зональных ветров в атмосферах планет // журнал «Успехи физических наук», 2008, июнь.
302. Ошерофф Д.Д. Нобелевская лекция «Сверхтекучесть в He<sup>3</sup>: открытие и понимание» // журнал «Успехи физических наук», 1997, декабрь.
303. Пайс А. Гении науки. – М., Институт компьютерных исследований, 2002.
304. Пайерлс Р. Построение физических моделей // журнал «Успехи физических наук», 1983, июнь.
305. Панов В.Ф. Математика древняя и юная. – М., издательство МГТУ, 2006.

306. Папалекси Н.Д. Эволюция понятия резонанса // журнал «Успехи физических наук», 1947, том 31, № 4.
307. Парашук Д. Когерентные волны материи // журнал «Химия и жизнь», 2007, № 3.
308. Паркер Б. Мечта Эйнштейна. – М., Мир, 1986.
309. Пасечник И.И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей. – М., Машиностроение, 2004.
310. Паттерман С. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. 1978.
311. Паша И.И. Волновые теории спиральной структуры галактик в 1960-е годы // сборник «Историко-астрономические исследования», выпуск 27, 2002.
312. Петрина Д., Скрипник В. Уравнения Кирквуда-Зальцбурга для коэффициентных функций матрицы рассеяния // журнал «Теоретическая и математическая физика», 1971, том 8, № 3.
313. Печерский Е.А., Сухов Ю.М. Идеи Р.Л.Добрушина в теории сетей обслуживания // журнал «Успехи математических наук», 1997, том 52, выпуск 2 (314).
314. Петров Ю.П. История и философия науки. – СПб., «БХВ-Петербург», 2005.
315. Пикин С.А., Инденбом В.Л. Термодинамические состояния и симметрия жидких кристаллов // журнал «Успехи физических наук», 1978, июнь.
316. Питаевский Л.П. Второй звук в твердом теле // журнал «Успехи физических наук», май 1968.
317. Погребынский И.Б. От Лагранжа к Эйнштейну. – М., Наука, 1966.
318. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М., Наука, 1975.
319. Покровский В.Л. Гипотеза подобия в теории фазовых переходов // журнал «Успехи физических наук», 1968, январь.
320. Полак Л.С. Людвиг Больцман. – М., Наука, 1987.
321. Полищук Е.М. Софус Ли. – Ленинград, Наука, 1983.
322. Поляков А.М. Калибровочные поля и струны. – Ижевск, Удмуртский университет, 1999.
323. Пономарев Л.И. Под знаком кванта. – М., Наука, 1989.
324. Понтекорво Б. Нейтрино в лаборатории и во Вселенной // сборник «Наука и человечество», 1963.
325. Понтекорво Б. Автобиографические заметки // мемориальный электронный сайт Бруно Понтекорво.
326. Понтекорво Б. Нейтрино в лаборатории и во Вселенной // сборник «Наука и человечество», 1963.
327. Попков В. Всеобщая инженерная наука Габриэля Крона // сайт Международного института А.Богданова, 2001.
328. Попов М., Первушин А. Верхом на бомбе // журнал «Мир фантастики», 2006, № 7.
329. Потапов А.А. Распознавание малоcontrastных образов и сверхслабых сигналов на основе теории фракталов, дробных операторов и эффектов скейлинга // Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009.
330. Потупа А. Бег за бесконечностью. – М., Молодая гвардия, 1977.
331. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М., Эдиториал УРСС, 2002.
332. Пригожин И. Время. Хаос. Квант. – М., Эдиториал УРСС, 2005.
333. Принцип симметрии. Под ред. Кедрова Б.М. и Овчинникова Н.Ф. – М., Наука, 1978.
334. Радунская И.Л. Крушение парадоксов. – М., Молодая гвардия, 1971.
335. Радунская И.Л. Предчувствия и свершения. – Москва, 1985.
336. Радунская И.Л. Безумные идеи. – М., Молодая гвардия, 1967.
337. Райзер Ю.П. Распространение разрядов и поддержание плотной плазмы электромагнитными полями // журнал «Успехи физических наук», 1972, ноябрь.
338. Райнов Т.И. О типе разносторонности ученого // журнал «Социалистическая реконструкция и наука», 1934, № 10.
339. Родионов В.М. Зарождение радиотехники. – М., Наука, 1985.
340. Родионов В.М. Формирование радиоэлектроники. – М., Наука, 1988.

341. Рожков С.С. Топология, многообразия и гомотопия: основные понятия и приложения к моделям  $n$ -го поля // журнал «Успехи физических наук», 1986, том 149, выпуск 2.
342. Розенберг Ф. История физики. – Москва-Ленинград, 1934.
343. Розин В. Мышление и творчество. – М., Per Se, 2006.
344. Розенталь И.Л., Снегирев А.М. Гидродинамическая интерпретация взаимодействия частиц высоких энергий и космических  $\gamma$ -всплесков // журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра», 2003, т.34, вып.1.
345. Румер Ю.Б. Оптико-механическая аналогия // журнал «Успехи математических наук», 1953, том 8, выпуск 6 (58).
346. Русинов Л.И. Изомерия атомных ядер // журнал «Успехи физических наук», 1961, апрель.
347. Руска Э. Нобелевская лекция «Развитие электронного микроскопа и электронной микроскопии» // журнал «Успехи физических наук», 1988, февраль.
348. Рыбников К.А. История математики. – М., издательство МГУ, 1960.
349. Рыбников К.А. История математики. – М., издательство МГУ, 1974.
350. Рыдник В.И. Электроны шагают в ногу, или история сверхпроводимости. – М., Знание, 1986.
351. Рыжов К.В. 100 великих изобретений. – М., Вече, 2006
352. Рытов С.М. Электрические флуктуации и тепловое излучение // журнал «Успехи физических наук», 1955, март.
353. Рюэль Д. Случайность и хаос. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2001.
354. Рязанов В.С. Петрус Йозефус Вильгельмус Дебай // сайт «Электронная библиотека учебных материалов по химии».
355. Саган К. Космос. – СПб., Амфора, 2005.
356. Садовский М.В. Лекции по квантовой теории поля. – Екатеринбург, 2002.
357. Садуль Ж. Всеобщая история кино. Том 1. – М., Искусство, 1958.
358. Садыков Н.Р. Влияние поляризации спиновых частиц с полуцелым спином на кривизну и кручение их траекторий // сборник трудов третьей международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики», Санкт-Петербург, октябрь 2004 г.
359. Сазонов С.В. Акустическая прозрачность и поглощение, индуцированные электромагнитным полем // журнал «Письма в ЖЭТФ», 2002, том 76, выпуск 3.
360. Салам А. Нобелевская лекция «Калибровочное объединение фундаментальных сил» // журнал «Успехи физических наук», 1980, октябрь.
361. Самин Д.К. 100 великих научных открытий. – М., Вече, 2006.
362. Самин Д.К. 100 великих ученых. – М., Вече, 2002.
363. Самойленко А.М. Боголюбов и нелинейная механика // журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299).
364. Сарданашвили Г.А. Дмитрий Иваненко – великий физик-теоретик XX века. - Москва, 2009.
365. Сахаров А.Д. Воспоминания. – М., Права человека, 1996.
365. Сегре Э. Энрико Ферми. – М., Мир, 1973.
366. Седракян Д.М., Шахабасян К.М. Сверхтекучесть и магнитное поле пульсаров // журнал «Успехи физических наук», 1991, июль.
367. Семенов Н.Н. Избранные труды в четырех томах. Том 4. – М., Наука, 2006.
368. Сингатулин Р.М. Численное исследование динамики вихревых структур в сплошных средах, включая плазму. Диссертация на соискание доктора физико-математических наук. – Казань, 2004.
369. Славин А.В. Проблема возникновения нового знания. – Москва, 1976.
370. Слепов Н. Солитонные сети // журнал «Сети», 1999, № 3, с.90-100.
371. Смоленский Г.А., Шувалов Л.А. История развития сегнетоэлектричества в СССР // сборник «Физика: проблемы, история, люди», 1986.

372. Смолуховский М. Границы справедливости второго начала термодинамики // журнал «Успехи физических наук», 1967, декабрь.
373. Смородинский Я.А. Наследие Вернера Гейзенберга // журнал «Успехи физических наук», 1992, январь.
374. Снегов С. Прометей раскованный. – М., Детская литература, 1972.
375. Собрание трудов Л.Д.Ландау в 2-х томах. – М., Наука, 1969.
376. Соловьев Ю.И. Эволюция основных теоретических проблем химии. – М., Наука, 1971.
377. Соловьев Ю.И., Фигуровский Н.А. Сванте Аррениус. – М., издательство АН СССР, 1959.
378. Сологуб В.С. Развитие теории эллиптических уравнений в 18 и 19 столетиях. – Киев, 1975.
379. Сонин А.С. Постигание совершенства. – М., «Знание», 1987.
380. Сонин А.С., Ковнер М.А. История основной формулы рентгеновской кристаллографии // электронный сборник «Исследования по истории физики и механики в 2000-2005 года».
381. Сонин А.С. Френкель В.Я. Зачем вы подались в науку, Фредерикс? // журнал «Природа», 1994, № 10.
382. Спасский Б.И. История физики. – М., Высшая школа, 1977.
383. Старосельская-Никитина О.А. Поль Ланжевен. – М., Физматгиз, 1962.
384. Степанянц Ю.А. Фабрикант А.Л. Распространение волн в сдвиговых гидродинамических течениях // журнал «Успехи физических наук», 1989, сентябрь.
385. Стратонович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. – М., издательство МГУ, 1966.
386. Сурдин В. Портрет Вселенной сквозь гравитационную линзу // журнал «Знание-сила», 1998, № 9-10.
387. Суханов А.Д. Роль вероятностных представлений в современной физике // сборник «Математика и опыт», редактор – А.Г.Барабашев, 2003.
388. Сухотин А.К. Парадоксы науки. – М., Молодая гвардия, 1980.
389. Сюняев Р.А., Лонгейр М.С. Электромагнитное излучение во Вселенной // журнал «Успехи физических наук», 1971, сентябрь.
390. Тавхелидзе А.Н. Н.Н.Боголюбов (штрихи к портрету) // сборник «Воспоминания об академике Н.Н.Боголюбове», 2009.
391. Тамм И.Е. Собрание научных трудов. – М., Наука, 1975.
392. Тамм И.Е. Яков Ильич Френкель // журнал «Успехи физических наук», 1962, № 3.
393. Тарасов В. Музыка сфер // журнал «Вокруг света», № 1 (2772), январь 2005.
394. Таубкин И.И. Фотоиндуцированные и тепловые шумы в полупроводниковых р-п-переходах // журнал «Успехи физических наук», 2006, том 176, № 12.
395. Текстовый архив программы А.Гордона по теме «Турбулентность», 2003, ноябрь.
396. Техника в ее историческом развитии. Под ред. Шухардина С.В. – М., Наука, 1982.
397. Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. – М., Гостехиздат, 1957.
398. Типунин И.Ю. Критические явления // «Альманах-2006», содержащий статьи грантополучателей фонда «Династия», 2006.
399. Трубецков Д.И., Рожнов А.Г. Линейные колебания и волны. 2001.
400. Тутубалин В.Н., Барабашева Ю.М. Математическое моделирование в экологии: историко-методологический анализ. – М., Языки русской культуры, 1999.
401. Тюлина И.А. Жозеф Луи Лагранж. – М., Наука. 1977.
402. Тяпкин А.А. О пионерском вкладе немецкого химика Иды Ноддак в открытие явления деления ядер урана // доклад, сделанный на конференции в ОИЯИ Дубна в 2001 г.
403. Тяпкин А., Шибанов А. Пуанкаре. – М., Молодая гвардия, 1982.
404. Тяпкин А.А. Об истории возникновения теории относительности. - Дубна, 2004.
405. Уитни Ч. Открытие нашей Галактики. – М., Мир, 1975.
406. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2001.
407. Улам С.М. Приключения математика. – Ижевск, НИЦ РХД, 2001.

408. Уленбек Г. Фундаментальные проблемы статистической механики // журнал «Успехи физических наук», 1971, февраль.
409. Фабелинский И.Л. Предсказание и обнаружение тонкой структуры линии Рэлея // журнал «Успехи физических наук», 2000, январь.
410. Фейгенбаум М. Универсальность в поведении нелинейных систем // журнал «Успехи физических наук», 1983, октябрь.
411. Фейнберг Е.Л. Удивительная история замечательной работы Ландау // журнал «Успехи физических наук», 1998, июнь.
412. Физики о себе. – Ленинград, Наука, 1990.
413. Фикера Г. Франческо Джакомо Трикоми // журнал «Успехи математических наук», 1987, том 42, выпуск 3 (255).
414. Филинов Е.Н. Век Лаврентьева // сайт «Виртуальный компьютерный музей».
415. Филиппов А.Т. Многоликий солитон. – М., Наука, 1990.
416. Филлипс У. Нобелевская лекция «Лазерное охлаждение и пленение нейтральных атомов» // журнал «Успехи физических наук», 1999, март.
417. Фишер И.З. Современное состояние теории жидкостей // журнал «Успехи физических наук», 1962, март.
418. Фомин В., Харитонов А. 90 лет со дня рождения Сергея Алексеевича / газета «Наука в Сибири», 1998, № 41- 42.
419. Франк А.И. Фундаментальные свойства нейтрона: пятьдесят лет исследований // журнал «Успехи физических наук», 1982, май.
420. Франк А.И. Современная оптика длинноволновых нейтронов // журнал «Успехи физических наук», 1991, ноябрь.
421. Франк И.М. Переходное излучение и эффект Вавилова-Черенкова // журнал «Успехи физических наук», 1961, том LXXV, выпуск 2, октябрь.
422. Франк И.М. Нейтронная оптика и ультрахолодные нейтроны // журнал «Успехи физических наук», 1991, ноябрь.
423. Франк-Каменецкий Д.А., Смородинский Я.А. Яков Борисович Зельдович // журнал «Успехи физических наук», 1964, март.
424. Франкфурт У.И., Френк А.М. Джозайа Виллард Гиббс. – М., Наука, 1964.
425. Франкфурт У.И., Френк А.М. У истоков квантовой теории. – М., Наука, 1975.
426. Френкель В.Я. Яков Ильич Френкель. – Москва-Ленинград, Наука, 1966.
427. Френкель В.Я., Явелов Б.Е. Эйнштейн: изобретения и эксперимент. – М., Наука, 1990.
428. Френкель В.Я. Абрам Федорович Иоффе // журнал «Успехи физических наук», 1980, сентябрь.
429. Хакен Г. Информация и самоорганизация. – М., Эдиториал УРСС, 2005.
430. Харгиттаи И. Откровенная наука. Беседы со знаменитыми химиками. – М., Эдиториал УРСС, 2003.
431. Харитон Ю.Б., Адамский В.Г., Смирнов Ю.Н. О создании советской водородной (термоядерной) бомбы // журнал «Успехи физических наук», 1996, февраль.
432. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности. 2005.
433. Хьюиш Э. Нобелевская лекция «Пульсары и физика высоких плотностей» // журнал «Успехи физических наук», 1975, октябрь.
434. Цаплин В.М., Орехова И.Г., Лиходаева Е.А. Элементы квантовой и атомной физики // учебное пособие «Курс физики», Санкт-Петербург, 2003.
435. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен. – М., издательство МЭИ, 2005.
436. Циглер Ф. Механика твердых тел и жидкостей. – Ижевск, НИЦ РХД, 2002.
437. Цытович В.Н. Развитие представлений о плазменной турбулентности // журнал «Успехи физических наук», сентябрь, 1972.
438. Черникова В. Луч, сжигающий себя // журнал «Химия и жизнь», 1972, № 1.
439. Чернин А.Д., Френкель В.Я. Мировая линия Гамова // сайт «Астронет», 2004.

440. Черногорова Б. Беседы об атомном ядре. – М., Молодая гвардия, 1976.
441. Чернодуб М.Н. Топологические структуры как пробники непертурбативных свойств квантовой хромодинамики // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, Москва, 2007.
442. Чижевский А. Физические факторы исторического процесса. - Калуга, 1924.
443. Чистяков И.Г. Жидкие кристаллы // журнал «Успехи физических наук», 1966, август.
444. Чолаков В. Нобелевские премии: ученые и открытия. – М., Мир, 1986.
445. Чу С. Нобелевская лекция «Управление нейтральными частицами» // журнал «Успехи физических наук», 1999, март.
446. Шалл К. Нобелевская лекция «Раннее развитие физики нейтронного рассеяния» // журнал «Успехи физических наук», 1995, декабрь.
447. Шапошник В.А. История мембранной науки. Часть 1 // журнал «Критические технологии. Мембраны», 2000, № 8.
448. Шафранов В.Д. Первый период истории термоядерных исследований в Курчатовском институте // журнал «Успехи физических наук», 2001, август.
449. Ширков Д.В. Вспоминая о Николае Николаевиче // сборник «Воспоминания об академике Н.Н.Боголюбове», Москва, МИАН, 2009.
450. Ширков Д.В. Ренормгруппа Боголюбова // журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299).
451. Широков Д.В. Год академика Боголюбова // еженедельник ОИЯИ «Дубна», 20.08.2009.
452. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М., Наука, 1974.
453. Шмелева Н.Г. Краевые задачи для уравнения Лаврентьева-Бицадзе с комплексным параметром // автореферат диссертации, Казань, 2002.
454. Шроер Б. Теория струн и кризис в физике элементарных частиц // Интернет, 2005.
455. Шульженко С. Евангелие от Гука // журнал «Вокруг света», 01.06.2006 г.
456. Эльзассер В.М. Магнитная гидродинамика // журнал «Успехи физических наук», 1958, март.
457. Юшкевич А.П. История математики в Средние века. – М., Физматлит, 1961.
458. Я.И.Френкель. Воспоминания. Письма. Документы. – Ленинград, Наука, 1986.
459. Якубов А.Р. Оптическая модель атомного ядра и влияние химического окружения на энергию химических связей // журнал «Химия и компьютерное моделирование», 2002, № 8.

### Список литературы к главе 3

1. Альфвен Х., Фельтхаммар К.Г. Космическая электродинамика. – М., Мир, 1967.
2. Амбарцумян В.А. Загадки Вселенной. – М., Педагогика, 1987.
3. Аксенова М., Володин В., Элиович А., Цветков В. Астрономия. – М., издательство «Мир энциклопедий», 2006.
4. Бете Х. Нобелевская лекция «Источники энергии звезд» // журнал «Успехи физических наук», ноябрь 1968.
5. Брушлинский К.В., Гаврилов М.Б., Гельфанд И.М. Олег Вячеславович Локуциевский // журнал «Успехи математических наук», 1991, том 46, выпуск 2 (278).
6. Ван Аллен Д. О радиационной опасности при космических полетах // журнал «Успехи физических наук», 1960, апрель.
7. Венедюхин А. Дыра из дыр // газета «Союз еже», 2004, июнь.
8. Вернадский В.И. О науке. – Дубна, издательский центр «Феникс», 1997.
9. Воловик Г. Сверхтекучие свойства А-фазы  $He^3$  // журнал «Успехи физических наук», 1984, май.
10. Вшивков В.А., Лазарева Г.Г., Снытников А.В. Численное моделирование гравитирующих систем. - Новосибирск, 2008.
11. Гинзбург В.Л., Сыроватский С.И. Космическое магнитотормозное (синхротронное) излучение // журнал «Успехи физических наук», 1965, сентябрь.

12. Джаккони Р. Нобелевская лекция «У истоков рентгеновской астрономии» // журнал «Успехи физических наук», 2004, апрель.
13. Диаку Ф., Холмс Ф. Небесные встречи. Истоки хаоса и устойчивости. – Москва-Ижевск, НИЦ РХД, 2004.
14. Дикинсон Д. Космические мазеры // журнал «Успехи физических наук», 1979, июнь.
15. Ефремов Ю.Н., Корчагин В.И., Марочник Л.С., Сучков А.А. Современные представления о природе спиральной структуры галактик // журнал «Успехи физических наук», 1989, том 157, выпуск 4.
16. Зельдович Я.Б., Мамаев А.В., Шандарин С.Ф. Лабораторное наблюдение каустик, оптическое моделирование движения частиц и космология // журнал «Успехи физических наук», 1983, январь.
17. Иванов В.В. Белые карлики // сайт «Астронет», 2002.
18. Иванов В.В. Источники энергии звезд // сайт «Популярные очерки об астрономии», 2000.
19. Кант И. Собраний в шести томах. Том 1. – М., «Мысль», 1963.
20. Капра Ф. Паутина жизни. – М., София, 2003.
21. Киппенхан Р. 100 миллиардов Солнц. – М., Мир, 1990.
22. Козенко А.В. Джеймс Хопвуд Джинс. – М., Наука, 1985.
23. Кузьмин Н.М. Гидродинамические механизмы формирования наблюдаемых структур в молодых звездных объектах // автореферат диссертации, Нижний Архыз, 2008.
24. Левин А. Пятнистые бури: Солнце // журнал «Популярная механика», декабрь 2008.
25. Ли Д.М. Нобелевская лекция «Необычные фазы жидкого He» // журнал «Успехи физических наук», 1997, декабрь.
26. Мусцевой В.В., Храпов С.С., Кузьмин Н.М., Севостьянов А.В. Аккреционно-струйные системы: история, результаты, перспективы // материалы 33-й конференции «Физика Космоса», Екатеринбург, 2004.
27. Незлин М.В. Солитоны Россби // журнал «Успехи физических наук», 1986, сентябрь.
28. Райл М. Радиоастрономия // журнал «Успехи физических наук», 1952, апрель.
29. Семенов А. Вселенная по Кандинскому // журнал «Знание-сила», 1995, октябрь.
30. Слыш В.И. Интерферометры в астрофизике // журнал «Успехи физических наук», 1965, ноябрь.
31. Сурдин В.Г., Ламзин С.А. Протозвезды. Где, как и из чего формируются звезды. – М., Наука, 1992.
32. Уилл К.М. Нобелевская лекция «Двойной пульсар, гравитационные волны и Нобелевская премия» // журнал «Успехи физических наук», 1994, июль.
33. Фолта Я., Новы Л. История естествознания в датах. – М., Прогресс, 1987.
34. Фридман А.М. Предсказание и открытие новых структур в спиральных галактиках // журнал «Успехи физических наук», 2007, февраль.
35. Фридман А.М. Из жизни спиральных галактик // журнал «В мире науки», 2005, январь.
36. Хокинг С. Краткая история времени. – СПб., Амфора, 2007.
37. Чандрасекар С. О возрастающем значении общей теории относительности для астрономии // журнал «Успехи физических наук», 1974, февраль.
38. Чандрасекар С. Нобелевская лекция «О звездах, их эволюции и устойчивости» // журнал «Успехи физических наук», 1985, март.
39. Чернин А.Д., Френкель В.Я. Мировая линия Гамова // сайт «Астронет», 2004.
40. Шкловский И.С. Разум, Жизнь, Вселенная. – М., Янус, 1996.
41. Шкловский И.С. Взрывающиеся звезды и их остатки // журнал «Земля и Вселенная», 1982, № 4.
42. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – М., Наука, 1987.

#### Список литературы к главе 4

1. Азерников В. 200 лет спустя. Занимательная история каучука. – Москва, 1967.

2. Азимов А. Краткая история химии. - СПб., «Амфора», 2000.
3. Академик Николай Маркович Эммануэль. Под ред. Гольданского В.И. – М., Наука, 2000.
4. Базаров И.П. Термодинамика. – М., Высшая школа, 1991.
5. Баренблатт Г.И. Что я помню и буду помнить всегда // сборник «Колмогоров в воспоминаниях учеников», Москва, «Наука», 2006.
6. Биографии великих химиков. Под ред. Хайнига К. – М., Мир, 1981.
7. Бирштейн Т.М., Готлиб Ю.А., Даринский А.А. История теории полимеров // электронный сайт «Вопросы науки».
8. Булыка Г.А., Лисовская Е.В., Яхонтова Г.А. Великие ученые XX века. – М., Мартин, 2001.
9. Вавилин В.А. Автоколебания в жидкофазных химических системах // журнал «Природа», 2000, № 5.
10. Вейль Г. Математическое мышление. – М., Наука, 1989.
11. Величковский Б.В. Когнитивная наука. Том 2. – М., Академия, 2006.
12. Волькенштейн М.В. Проблемы теоретической физики полимеров // журнал «Успехи физических наук», 1959, том LXVII, выпуск 1.
13. Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика. – М., Наука, 1975.
14. Волькенштейн М.В. Перекрестки науки. – М., Наука, 1972.
15. Волькенштейн М.В., Птицын О.Б. Статистическая физика линейной полимерной цепочки // журнал «Успехи физических наук», 1953, том XLIX, выпуск 4.
16. Волькенштейн М.В. Дополнительность, физика и биология // журнал «Успехи физических наук», 1988, том 154, выпуск 2, стр.287.
17. Вольтер Б.В. Химическая бесконечность и предельные циклы // журнал «Химия и жизнь», 1995, № 4.
18. Вольтер Б.В. Легенда и быль о химических колебаниях // журнал «Знание-сила», 1988, № 4.
19. Вудворд К. Артистизм и элегантность Роберта Бернса Вудворда // журнал «Химия и жизнь», 1998, № 4.
20. Грибов Л.А. Нобелевская премия 1998 года по химии. Д.Попл и У.Кон // журнал «Природа», 1999, № 1.
21. Джуа М. История химии. – М., Мир, 1966.
22. Добротин Р.Б., Соловьев Ю.И. Вант-Гофф. – М., «Наука», 1977.
23. Зальцберг М. Три жизни академика Ипатьева // журнал «Химия и жизнь», 1992, № 10.
24. Зеленин К. Хассель Одд // электронная энциклопедия «Кругосвет».
25. Зеленин К. Малликен Роберт Сандерсон // электронная энциклопедия «Кругосвет».
26. Зеленин К. Натта Джулио // электронная энциклопедия «Кругосвет».
27. Зоркий П.М. Лайнус Полинг – величайший химик 20 столетия // сайт химического факультета МГУ.
28. Идзуми И., Таи А. Стереодифференцирующие реакции. – М., Мир, 1979.
29. История биологии с начала 20 века до наших дней. Под ред. Бляхера Л.Я. – М., Наука, 1975.
30. Карцев В. Социальная психология науки и проблемы историко-научных исследований. – М., Наука, 1984.
31. Керл Р. Нобелевская лекция «Истоки открытия фуллеренов: эксперимент и гипотеза» // журнал «Успехи физических наук», 1998, март.
32. Ковнер М.А. Ганс Гельман и рождение квантовой химии // журнал «Химия и жизнь», 2000, № 5.
33. Коржуев П.А. Молекула гемоглобина // журнал «Химия и жизнь», 1965, № 3.
34. Кузина Е.В., Ларина О.В., Титкова Т.В., Щеглова О.А. Энциклопедия открытий и изобретений человечества. – М., Дом славянской книги, 2006.
35. Левицкий М. Химия и мода // журнал «Химия и жизнь», 2000, № 11-12.
36. Левченков С.И. Краткий очерк истории химии. – Ростов, Издательство Ростовского университета, 2006.

37. Люди русской науки. Том 2. Под редакцией С.И.Вавилова. – Москва-Ленинград, 1948.
38. Малликен Р.С. Нобелевская лекция «Спектроскопия, молекулярные орбитали и химическая связь» // журнал «Успехи физических наук», апрель, 1968.
39. Манолов К. Великие химики. Том 1-2. – М., Мир, 1985.
40. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. – Ростов-на-Дону, Феникс, 1997.
41. Нечаев И. Рассказы об элементах. – М., Детгиз, 1960.
42. Ногради М. Стереоселективный синтез. – М., Мир, 1989.
43. Ногради М. Стереохимия. – М., Мир, 1984.
44. Овчинников М.Ю. История квантовой химии // сайт «Уфимское квантовохимическое общество».
45. Печенкин А.А. Мировоззренческое значение колебательных химических реакций // «Вестник Московского университета», серия 7, № 6, 2005.
46. Полищук В. На общих основаниях // журнал «Новый мир», 1984, № 4.
47. Полищук В. Поиски соответствия // журнал «Химия и жизнь», 1982, № 5.
48. Притыкин Л.М. Биография бензола // журнал «Химия и жизнь», 1974, № 3.
49. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. – М., Академия, 2003.
50. Соколов В.И. Введение в теоретическую стереохимию. – М., Наука, 1982.
51. Соловьев Ю.И. Почему академик В.Н.Ипатьев не стал Нобелевским лауреатом? // «Вестник Российской Академии наук», 1997 г., том 67, № 7.
52. Соловьев Ю.И. Эволюция основных теоретических проблем химии. – М., Наука, 1971.
53. Соловьев Ю.И. История учения о растворах. – М., издательство АН СССР, 1959.
54. Соловьев Ю.И., Фигуровский Н.А. Сванте Аррениус. – М., издательство АН СССР, 1959.
55. Старосельский П.И., Соловьев Ю.И. Альфред Вернер и развитие координационной химии. – М., Наука, 1974.
56. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. – М., Мир, 2001.
57. Файбусович Г. 26 тетрадей Морозова // журнал «Химия и жизнь», 1971, № 8.
58. Фигуровский Н.А. Д.И.Менделеев. – М., Наука, 1983.
59. Фишер Э. Избранные труды. – М., Наука, 1979.
60. Фишер Э. Из моей жизни. – М., Наука, 1988.
61. Харгиттаи И. Откровенная наука. Беседы со знаменитыми химиками. – М., Комкнига, 2006.
62. Харгиттаи И., Харгиттаи М. Симметрия глазами химика. – М., Мир, 1989.
63. Шамин А.Н. История биологической химии. Формирование биохимии. – М., Комкнига, 2006.
64. Шамин А.Н. История биологической химии. Истоки науки. – М., Комкнига, 2006.
65. Штрубе В. Пути развития химии. Том 2. – М., Мир, 1984.

#### **Список литературы к главе 5**

1. Зарипов М. Триумф и трагедия Ивана Губкина // журнал «Нефть России», 2000, №№ 4-5.
2. Клейн Л.С. Археология спорит с физикой // журнал «Природа», 1966, №№ 2-3.
3. Кошляков М.Н. Открытие и исследование синоптических вихрей открытого океана // журнал «Известия РАН. Физика атмосферы и океана», 2002, том 38, № 6.
4. Хеллем Э. Великие геологические споры. – М., Мир, 1985.

#### **Список литературы к главе 6**

1. Абелев Г.И. История клонально-селекционной теории // журнал «Природа», 2002, № 11.
2. Азимов А. Краткая история биологии. – М., Центрполиграф, 2004.
3. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. Том 1. – М., Мир, 1987.
4. Академик Николай Маркович Эммануэль. Под ред. Гольданского В.И. – М., Наука, 2000.

5. Акимов А.Е. Эвристическое обсуждение проблемы поиска новых дальнодействий. – М., МНТЦ «Вент», 1991.
6. Акмаев И.Г. Нейроэндокринология: вчера и сегодня // 3-я Всероссийская научная конференция «Актуальные проблемы нейроэндокринологии», Москва, 2003.
7. Алейникова Т.В. Возрастная психофизиология. Ростов-на-Дону, УНИИ валеологии РГУ, 2002.
8. Алексеев В.В. Биофизика сообществ живых организмов // журнал «Успехи физических наук», 1976, том 120, выпуск 4.
9. Апонин Ю.М., Апонина Е.А. Квантовомеханические и макродинамические аналогии в математической теории биологических сообществ // материалы конференции «Математика. Компьютер. Образование», Пушкино, 2003.
10. Асратян Э.А. Иван Петрович Павлов. – М., Наука, 1974.
11. Батуев А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. – СПб., Питер, 2005.
12. Берд К. Беспокойный юбилей // журнал «Компьютерра», № 35 от 22 сентября 2004 г.
13. Беркинблит М.Б. Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах. – М., Наука, 1988.
14. Бернштейн Н.А. Современные искания в физиологии нервного процесса. – М., Смысл, 2003.
15. Блинкин С.А. Очерки о естествознании. – М., Знание, 1979.
16. Бляхер Л.Я., Микулинский С.Р. История биологии с древнейших времен до начала 20 века. – М., Наука, 1972.
17. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. – М., Экономика, 1989.
18. Богданов В.Р. От цитобласта до генома (к 170-летию создания клеточной теории) // журнал «Медицина в Кузбассе», 2007, № 3.
19. Борта Ю. Формула успеха Святослава Федорова // газета «Аргументы и факты», № 07 (495) от 12.02.2004 г.
20. Бурцев М. Биенале когнитивной науки // газета «Троицкий вариант», выпуск № 7 (821) от 8 июля 2008 г.
21. Вартамян М.Е. Опыт лечения состояний возбуждения углекислым литием // электронный сайт «Научный центр психического здоровья РАМН».
22. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология. – М., Академия, 2005.
23. Васильева Н. Кристиан Барнард: помощник бога // еженедельник «Дело», 2004 г., № 2/2.
24. Вермель Е.М. История учения о клетке. – М., Наука, 1970.
25. Верховский Л. Нобелевские премии 1997 года // журнал «Химия и жизнь», 1998, № 1.
26. Виленчик М.М. Биологические основы старения и долголетия. – М., Знание, 1987.
27. Винер Н. Творец и будущее. – М., издательство АСТ, 2003.
28. Волькенштейн М.В. Дополнительность, физика и биология // журнал «Успехи физических наук», 1988, том 154, выпуск 2.
29. Воспоминания об Александре Сергеевиче Давыдове. Под ред. В.М.Локтева, Киев, ИТФ НАН Украины, 2002.
30. Габор Д. Нобелевская лекция «Голография» // журнал «Успехи физических наук», январь 1973 г.
31. Горяев П.П. Волновой геном. – М., издательство «Общественная польза», 1994.
32. Горяев П.П. Генетический код сложнее его триплетной модели // сайт «Волновая генетика».
33. Гиляров А.М. Вернадский, дарвинизм и Гея // журнал «Химия и жизнь», 1995, № 2.
34. Глязер Г. Исследователи человеческого тела от Гиппократов до Павлова. – М., Медгиз, 1956.
35. Глязер Г. О мышлении в медицине. – М., Медицина, 1969.
36. Голубев А.Г. Проблемы обсуждения вопроса о возможности подходов к построению общей теории старения // журнал «Успехи геронтологии», 2009, том 22, № 1.

38. Голубовский М.Д. Неканонические наследственные изменения // журнал «Природа» (2001, № 8-9).
39. Голубовский М.Д. Век генетики: эволюция идей и понятий. – СПб., Борей АРТ, 2000.
40. Гольдт И.В. Жидкие кристаллы прекрасны и загадочны, и поэтому я их люблю // сайт «Нанометр», 2007.
41. Гордиенко И. Пахучие чипы // журнал «Компьютерра», № 9 от 2 марта 1999 г.
42. Горелик Б. Владимир Демихов и Кристиан Барнард: великие хирурги 20 века // сайт «Русскоязычная южная Африка», 2006.
43. Гранит Р. Электрофизиологическое исследование рецепции. – М., Издательство иностранной литературы, 1957.
44. Григорьев Г., Мархасев Л. Непорочное зачатие», или партеногенез: история, мифы, технология // журнал «Химия и жизнь», 1975, № 3.
45. Грэхэм Л. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. – М., Политиздат, 1991.
46. Гутман Б., Гриффитс Э., Сузуки Д., Куллис Т. Генетика. – М., ФАИР-ПРЕСС, 2004.
47. Данилова Н.Н. Психофизиология. – М., Аспект-Пресс, 2004.
48. Дарвин Ч. Воспоминания о развитии моего ума и характера. – М., издательство АН СССР, 1959.
49. Де Крюи П. Охотники за микробами. – М., Амфора, 2006.
50. Дэвис Э. Техногнозис: миф, магия и мистицизм в информационную эпоху. – Екатеринбург, Ультра Культура, 2008.
51. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе. – М., МИФИ, 1998.
52. Елдышев Ю.Н., Сидорова Е.В. Нобелевские лауреаты – 2000: от познания тайн памяти и движения – к исцелению миллионов людей // журнал «Экология и жизнь», 2000, № 5.
53. Жимулев И.Ф. Действие генов в раннем развитии дрозофилы // «Соросовский образовательный журнал», № 7, 1998.
54. Зарецкая Е.Н. Риторика: теория и практика речевой коммуникации. – М., Дело, 2002.
55. Захаров И.С. Николай Иванович Пирогов: хирург, педагог, реформатор. – СПб., Политехника, 1997.
56. Зунн Ф. Дух в компьютере. – М., София, 2004.
57. Иванов С. Гены формируют организм // газета «Зеркало недели», № 48 (61), 2-8 декабря 1995 г.
58. Иммунология. Том 1. Под ред. У.Пола. – М., Мир, 1987.
59. Квасный Р.В. Базовые знания по нейроподобным сетям // сайт «Искусственный разум», 2004.
60. Кернс-Смит А.Дж. Первые организмы // журнал «В мире науки», 1985, № 8.
61. Киселев Л.Л., Абелев Г.И., Киселев Ф.Л. Лев Зильбер – создатель отечественной школы медицинских вирусологов // журнал «Вестник Российской академии наук», 2003, том 7, № 7.
62. Киселев Л.Л., Левина Е.С. Лев Александрович Зильбер. – М., Наука, 2004.
63. Кичеев А. Психика межличностных отношений // журнал «Психология в бизнесе», 2000, № 1.
64. Климонтович Н. Воздушные замки синергетики? // журнал «Знание-сила», 1983 г., № 7.
65. Кулаев И.С. Происхождение эукариотических клеток // «Соросовский образовательный журнал», 1998, № 5.
66. Лавлок Д. Заметки к истории вопроса // электронный сайт Джеймса Лавлока.
67. Лангер Р. Куда не может добраться ни одна таблетка // журнал «В мире науки», 2003, № 8.
68. Ландау-Тылкина С.П. К.А.Тимирязев. – М., «Просвещение», 1985.
69. Ларичев В. Охотники за черепами. – М., Молодая гвардия, 1971.
70. Лихачева Г.В. У истоков трансплантологии // газета «Биология», № 43, ноябрь 2002.
71. Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина. Очерки по истории биологии. – Москва-Ленинград, 1936.

72. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. – М., Академический проект, 2000.
73. Манакин А., Энгельгардт Л. Леонардо да Винчи XX века // журнал «Наш современник», 2002, № 11.
74. Манов Н.А., Хохлов М.В. и другие. Информационные технологии и совершенствование оперативного управления региональными ЭЭС // сборник «Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами», 2002.
75. Марцинковская Т.Д. История психологии. – М., Академия, 2007.
76. Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю. Введение в психофизиологию. – М., Флинта, 2007.
77. Медавар П., Медавар Дж. Наука о живом. – М., Мир, 1983.
78. Медников Б.М. Аксиомы биологии. – М., Знание, 1982.
79. Медников Б.М. Парадокс миллиона обезьян // журнал «Химия и жизнь», 1993, № 6.
80. Мелихов А. Великий кормчий // журнал «Заметки по еврейской истории», № 4 (65), апрель 2006 г.
81. Медников Б.М. Аналогия (параллели между биологической и культурной эволюцией) // журнал «Человек», 2004, №№ 1-4.
82. Мусиенко А.И., Маневич Л.И. Аналогии релятивистских эффектов в классической механике // журнал «Успехи физических наук», 2004, август.
83. Мусский С.А. 100 великих нобелевских лауреатов. – М., Вече, 2006.
84. Наварро-Гонсалес Р. Ключ к жизни: демонстрационный опыт по добиологической эволюции // журнал «Химия и жизнь», 1995, № 1.
85. Неeman Ю. Наука эволюционирует по Дарвину? // журнал «Химия и жизнь», 1994, № 8.
86. Николс Дж., Мартин А.Р. и другие. От нейрона к мозгу. – М., Эдиториал УРСС, 2003.
87. Нудельман Р. Чудеса симбиоза // журнал «Знание-сила», 2000, № 3.
88. Опарин А.И. Происхождение жизни на Земле // журнал «Знание-сила», 1947, №№ 1-2.
89. Опарин А.И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. 1968.
90. Палмер Д., Палмер Л. Эволюционная психология. – СПб., Прайм-Еврознак, 2003.
91. Пастер Л. Инфузории, живущие без свободного кислорода и вызывающие брожение // сайт «Благодарное человечество своему благодетелю».
92. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М., Эдиториал УРСС, 2003.
93. Перкинс Д. Как стать гением. – М., издательство АСТ, 2003.
94. Петров А. Целебная люстра от инопланетян // «Новая газета», № 3 от 17 января 2000 г.
95. Португалова О. Игры раковых клеток // «Газета Ру», 30.08.2006 г.
96. Порудоминский В. Пирогов. – М., Молодая гвардия, 1965.
97. Потапова Н. В поисках живого ритма // журнал «Юный техник», 1980, № 10.
98. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., Эдиториал УРСС, 2005.
99. Психофизиология. Под ред. Ю.И.Александрова. – СПб., Питер, 2006.
100. Пучков П.И. Дивергенция языков и проблема корреляции между языком и расой // энциклопедия «Народы и религии мира», Москва, 1998.
101. Рамон-и-Кахал С. Автобиография (воспоминания о моей жизни). – М., Медицина, 1985.
102. Райдер Х. Вампиры помогают медицине // журнал «Иллюминатор», 2004, № 1 (9).
103. Редько В.Г. Эволюционная кибернетика. – М., Наука, 2001.
104. Редько В.Г. На пути к моделированию когнитивной эволюции // Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009.
105. Резник С. Раскрывшаяся тайна бытия. – М., Знание, 1976.
106. Резникова Ж.И. Интеллект и язык животных и человека. – М., Академкнига, 2005.
107. Ридли М. Геном. – М., ЭКСМО, 2009.
108. Ризниченко Г.Ю. Математическое моделирование. – Москва, 1999.
109. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003.
110. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. – М., Наука, 1984.
111. Роуз С. Устройство памяти: от молекул к сознанию. – М., Мир, 1995.

112. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб., Питер, 2007.
113. Рынин Н.А. Циолковский. Его биография, работы и ракеты. – Ленинград, 1931.
114. Савич В.В. Попытка уяснения процесса творчества с точки зрения рефлекторного акта // журнал «Красная новь», 1922, № 4.
115. Саган К. Драконы эдема: рассуждения об эволюции человеческого разума. – СПб., Амфора, 2005.
116. Саркисов Д.С. Очерки истории общей патологии. – М., Медицина, 1993.
117. Северина И. Были ли митохондрии бактериями? // журнал «Химия и жизнь», 1973, № 1.
118. Сенченкова Е.М. М.С.Цвет – создатель хроматографии. – М., «Янус-К», 1997.
119. Скулачев В.П., Северин Ф.Ф. Запрограммированная клеточная смерть как мишень борьбы со старением организма // журнал «Успехи геронтологии», 2009, том 22, № 1.
120. Сойфер В. Мужество великого Кольцова // журнал «Наука и жизнь», 2002, № 8.
121. Сорокина Т.С. История медицины. – М., Академия, 2005.
122. Строева О.Г. Открытие химических мутагенов // сборник «Иосиф Абрамович Рапопорт – ученый, воин, гражданин», Москва, «Наука», 2001.
123. Талбот М. Голографическая Вселенная. – М., София, 2004.
124. Терехов С. Лекции по теории и приложениям искусственных нейронных сетей. - Снежинск, 1998.
125. Тикотин М.А. Леонардо да Винчи в истории анатомии и физиологии. – Ленинград, Медгиз, 1957.
126. Тихомиров В.М. Вопросы естествознания в творчестве А.Н.Колмогорова // сборник «Вопросы истории естествознания и техники», 2003, № 3.
127. Томпкинс П., Берд К. Тайная жизнь растений. – М., издательство «Гомеопатическая медицина», 2006.
128. Уотсон Д. Двойная спираль. – Москва-Ижевск, Динамика, 2001.
129. Фейгенберг И. Мозг, психика, здоровье. – М., Наука, 1972.
130. Фельдман Г.Э. Джон Бэрдон Сандерсон Холдейн. – М., Наука, 1976.
131. Философия и методология науки. Под ред. Купцова В.И. - М., Аспект Пресс, 1996.
132. Фомин С.В., Беркинблит М.Б. Математические проблемы в биологии. – М., Наука, 1973.
133. Фролов В.А. Опередивший время. – М., Советская Россия, 1980.
134. Хадаев А. В начале был «сахар» // «Российская газета», № 3390 от 28 января 2004 г.
135. Хакен Г. Принципы работы головного мозга. 2001.
136. Хант Г. О природе сознания. 2004.
137. Хелимский А.М. Вместилище души // журнал «Химия и жизнь», 1980, № 12.
138. Хейфлик Л. Как и почему мы стареем?. – М., Вече, 1999.
139. Хокинс Д. Об интеллекте. – М., Вильямс, 2007.
140. Чайковский Ю.В. Эволюция. – Москва, ЦСИ, 2003.
141. Чек Т. РНК - фермент // журнал «В мире науки», 1987, № 1.
142. Черезов А.Е. Общая теория рака. – М., Издательство МГУ, 1997.
143. Черняк А.М. Истоки споров о Дарвине // журнал «Химия и жизнь», 2007, № 12.
144. Чижевский А. Гневы Солнца // журнал «Простор», Алма-Ата, 1969, № 5, стр.56-75.
145. Шамин А.Н., Хайдаров А. Джеймс Бачеллер Самнер, Джон Говард Нортроп, Уэнделл
146. Мередит Стэнли // сайт «Электронная библиотека учебных материалов по химии».
147. Шанина И. Мониш Эгаш // электронная энциклопедия «Кругосвет».
148. Шварц Д. Смерть альтруиста // «Русский журнал», 29 августа 2000 г.
149. Шевелев И.А. Волновые процессы в зрительной коре мозга // журнал «Природа», 2001 г., № 12.
150. Шелдрейк Р. Новая наука о жизни. – М., Рипол Классик, 2005.
151. Шеперд Г. Нейробиология в 2-х томах. – М., Мир, 1987.
152. Шишкин М.А. Индивидуальное развитие и уроки эволюционизма // журнал «Онтогенез», 2006, том 37, № 3.
153. Шлегель Г.Г. История микробиологии. – М., Эдиториал УРСС, 2002.

154. Шноль С. Николай Константинович Кольцов // журнал «Знание - сила», № 12, 1996.
155. Шойфет М.С. 100 великих врачей. – М., Вече, 2006.
156. Шостак В.И. Природа наших ощущений. – М., Просвещение, 1983.
157. Шульговский В.В. Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии. – М., Академия, 2003.
158. Шульц Д., Шульц С. История современной психологии. – СПб., Евразия, 2006.
159. Эдельман Д., Маунткасл В. Разумный мозг. – М., Мир, 1981.
160. Ярошевский М.Г., Чеснокова С.А. Уолтер Кеннон. – М., Наука, 1976.

### Список литературы к главе 7

1. Автономов В., Ананьин О., Макашева Н. и другие. История экономических учений. – М., Инфра-М, 2000.
2. Автономов В.С., Алешина И.В. и другие. 50 лекций по микроэкономике. – М., Экономическая школа, 2004.
3. Аникин А.В. Юность науки. Жизнь и идеи мыслителей – экономистов до Маркса. – М., Издательство политической литературы, 1971.
4. Баранов В. Литературно-политическое эссе // альманах «Лебедь», № 401 от 14 ноября 2004 г.
5. Бернштейн П. Против богов: укрощение риска. – М., Олимп-бизнес, 2000.
6. Берталанфи Л. Общая теория систем – критический обзор // сборник «Исследования по общей теории систем», Москва, 1969.
7. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. – М., Дело ЛТД, 1994.
8. Вершик А.М. О Л.В.Канторовиче и линейном программировании // книга «Леонид
9. Витальевич Канторович: человек и ученый», Новосибирск, СО РАН, 2002.
10. Воробьев Н.Н. Развитие теории игр // книга Д.Неймана и О.Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение», Москва, «Наука», 1970.
11. Голубицкий С. Наградить посмертно! // «Бизнес-журнал», № 1 от 18 января 2006 г.
12. Данилов Ю.А. Джон фон Нейман. – М., Знание, 1981.
13. Дебре Ж. Четыре аспекта математической теории экономического равновесия // журнал «Успехи математических наук», 1977, том 32, выпуск 1 (193).
14. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Экономифизика и анализ финансовых временных рядов // сборник «Экономифизика. Современная физика в поисках экономической теории», Москва, МИФИ, 2007.
15. Егоров Д.Г. Возможность согласования макро- и микро-экономики в рамках подхода Мориса Алле // журнал «Общественные науки и современность», 2009, № 1.
16. Зотов А.А. Ранний период творчества Вильфредо Парето // журнал «Социологические исследования», 1998, № 11.
17. Капелюшников Р.И. Теория человеческого капитала // сайт «Креативная экономика», 09.10.2006 г.
18. Капра Ф. Скрытые связи. – М., София, 2004.
19. Клейнер Г. Эволюционная теория, теория самовоспроизводства и экономическое развитие // «Экономический портал», 2008.
20. Мандельброт Б. Мультифрактальная прогулка вдоль Уолл Стрит // журнал «Scientific American», февраль 1999.
21. Маслов В.П. Нелинейное среднее в экономике // журнал «Математические заметки», 2005, выпуск 3.
22. Маслов В.П. Капиталистическая математика // электронный сайт В.П.Маслова, 2005.
23. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. – М., Мир, 1991.
24. Озирченко Д.В. Некоторые понятия системной теории Никласа Лумана // «Социологический журнал», 1995, № 3.

25. Петров А.Е. Тензорный метод и физическая экономика // альманах «Восток», № 7/8 (31/32), июль-август 2005 г.
26. Паевский А. Два «матнобеля» на одну Россию // «газета Ru», 22 августа 2006 г.
27. Первозванский А.А. Математические методы на финансовом рынке // «Соросовский образовательный журнал», 1998, № 9.
28. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. – М., Мир, 2000.
29. Полищук Р.Ф. Современная физическая картина мира // семинар «Синергетика», проходивший в музее земледелия МГУ (ноябрь 2009 г.).
30. Попков В.В., Берг Д.Б. Эконофизика и эволюционная экономика – перспективное направление исследований // Материалы конференции по проблемам эконофизики, 2004.
31. Родкина А.Е. О некоторых понятиях и проблемах финансовой математики // «Соросовский образовательный журнал», 1998, № 6.
32. Самуэльсон П. Нобелевская лекция «Принцип максимизации в экономическом анализе» // книга Н.Е.Титовой «История экономических учений», Москва, «Владос», 1997.
33. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков // Москва, ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, 2006, препринт.
34. Сергеев В.М. Пределы рациональности. Термодинамический подход к теории экономического равновесия. – М., Фазис, 1999.
35. Сергеев В.М. Как возможны социальные изменения? // журнал «Полис», 2001, № 6.
36. Сериков А.Е. Фрактальный анализ временных рядов // журнал «Социология», 2006, № 22.
37. Сосинский А.Б. Мадрид: Международный конгресс математиков // сборник «Математическое просвещение», 2007, серия 3, выпуск 11.
38. Субраманьян А. Экономист - борец // журнал «Финансы и развитие», июнь 2006 г.
39. Тихомиров В.М. Л.В.Канторович (1912-1986) // сборник «Математическое просвещение», 2002, серия 3, выпуск 6.
40. Тумилович М. Формализм, экономическое образование и экономическая наука // журнал «Эковест», 2003, том 3, № 1.
41. Фельдблюм В. Вторжение в незыблемое (путь химика в политическую экономию). – Ярославль, ООО НТЦ «Рубеж», 2007.
42. Фельдблюм В. О Марксе по-новому // сайт «Физтех-Портал», 2009.
43. Филатов Д.А. Моделирование и анализ финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики // диссертация, Воронеж, 2007.
44. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Том 1. – М., Фазис, 1998.
45. Шумпетер Й. История экономического анализа. – СПб., Экономическая школа, 2004.
46. Якимкин В. Локальная системная нестабильность валютного рынка // журнал «Валютный спекулянт», 2006, № 09 (83).

### Список литературы к главе 8

1. Автономова Н.С. Мишель Фуко и его книга «Слова и вещи» // книга М.Фуко «Слова и вещи», Санкт-Петербург, 1994.
2. Алексеева Т.А. Современные политические теории. – М., РОССПЭН, 2000.
3. Андерсон Д. Когнитивная психология. – СПб., Питер, 2002.
4. Брантье Ж.К. Беседы с Жаном Пиаже // «Психологический журнал», 2000, том 21, № 2.
5. Пиаже Ж. Психогенез знаний и его эпистемологическое значение // сборник «Семиотика», Москва, «Радуга», 1983.
6. Бурменская Г.В. Проблемы онто- и филогенеза привязанности к матери в теории Джона Боулби // «Журнал практической психологии и психоанализа», 2003, № 1.
7. Буш Г.Я. Методы технического творчества. – Рига, Лиесма, 1972.
8. Величковский Б.В. Когнитивная наука. Том 2. – М., Академия, 2006.
9. Гальперин П.Я. Лекции по психологии. – М., Московский психолого-социальный институт, 2005.

10. Годфруа Ж. Что такое психология. – М., Мир, 1992.
11. Гроф С. За пределами мозга. – М., издательство АСТ, 2004.
12. Гудвин Д. Исследование в психологии. – СПб., Питер, 2004.
13. Докинз Р. Эгоистичный ген. – М., Мир, 1993.
14. Ждан А.Н. История психологии. – Москва, 2001.
15. Зорина З.А., Полетаева И.И. Элементарное мышление животных. – М., Академия, 2007.
16. Канаев И.И. Френсис Гальтон. – Ленинград, Наука, 1972.
17. Князева Е.Н. Одиссея научного разума. – М., Институт философии РАН, 1995.
18. Когнитивная психология. Под ред. Дружинина В.Н. и Ушакова Д.В. – М., ПЕР СЭ, 2002.
19. Кондратов А. Звуки и знаки. – М., «Знание», 1978.
20. Косиков Г.К. Структура» и/или «текст» (стратегии современной семиотики) // сборник «Французская семиотика: от структурализма к постструктурализму», Москва, «Прогресс», 2000.
21. Крэйн У.К. Теории развития. – СПб., Прайм-Еврознак, 2002.
22. Лавров С.Б. Лев Гумилев. Судьба и идеи. – М., Айрис-Пресс, 2003.
23. Ланде Д.В., Фурашев В.Н. и др. Основы моделирования и оценки электронных информационных потоков. - Киев, «Инжиниринг», 2006.
24. Лихи Т. История современной психологии. – СПб., Питер, 2003.
25. Логрус А. Великие мыслители 20 века. – М., Мартин, 2002.
26. Лукша П. Самовоспроизводство в эволюционной экономике. – СПб., Алетейа, 2009.
27. Майнцер К. Сложность и самоорганизация. Возникновение новой науки и культуры на рубеже веков // сборник «Синергетика и методы науки», СПб., Наука, 1998.
28. Малашкина М. Популярная история психологии. – М., Вече, 2002.
29. Маркова Е.В. Он принес новые смыслы и новые решения // журнал «Науковедение», 2000, № 1.
30. Медников Б.М. Происхождение жизни и языка // журнал «Химия и жизнь», 2003, № 11.
31. Налимов В.В. Канатоходец. – М., Прогресс, 1994.
32. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. – М., Наука, 1979.
33. Орлов М. Основы классической ТРИЗ. – М., СОЛОН-Пресс, 2005.
34. Психология способностей: современное состояние и перспективы исследований. 2005.
35. Равич-Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.Л. Психогенетика. – М., Аспект-Пресс, 2006.
36. Реале Д., Антисери Д. Западная философия от истоков до наших дней. Том 4. – СПб., Петрополис, 1997.
37. Ребещенкова И.Г. Концепция культуры как живой системы К.Лоренца // материалы 12-й Международной конференции молодых ученых «Горное дело и окружающая среда», Москва, 2008.
38. Розин В. Мышление и творчество. - М., Per Se, 2006.
39. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике. – М., Мир, 2003.
40. Смирнов С. Годовые кольца истории. – М., Языки славянской культуры, 2000.
41. Смит Н. Психология: современные системы. – СПб., Прайм-Еврознак, 2007.
42. Современная философия науки. Составитель Печенкин А.А. – М., Логос, 1996.
43. Соколова Е.Е. 13 диалогов о психологии. – М., Смысл, 2005.
44. Солсо Р. Когнитивная психология. – СПб., Питер, 2002.
45. Соснин Э.А., Пойзнер Б.Н. Лазерная модель творчества. – Томск, издательство Томского университета, 1997.
46. Старовойтенко Е.Б. Современная психология. – М., Академический проект, 2001.
47. Степанов С. Век психологии: имена и судьбы. – М., Эксмо, 2002.
48. Степанов С. Популярная психологическая энциклопедия. – М., Эксмо, 2005.
49. Кун Т. Структура научных революций. – М., издательство АСТ, 2002.
50. Хейес Н., Оррелл С. Введение в психологию. – М., Эксмо, 2003.
51. Хок Р.Р. 40 исследований, которые потрясли психологию. – СПб., Прайм-Еврознак, 2006.

52. Шульц Д., Шульц С.Э. История современной психологии. – СПб., Евразия, 1998.
53. Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. – М., Эдиториал УРСС, 2000.
54. Ярошевский М.Г. История психологии от античности до середины 20 века. – М., Академия, 1997.
55. Ярошевский М.Г. Психология науки. – М., Московский психолого-социальный институт, 1998.
56. Ярошевский М.Г. Психология в 20 столетии. – М., Политиздат, 1974.
57. Ярошевский М.Г. История психологии. – М., Академия, 1997.

### Список литературы к главе 9

1. Акивис М.А., Голин Г.Я., Кириченко В.Ф. и другие. Анатолий Михайлович Васильев // журнал «Успехи математических наук», 1988, том 43, выпуск 4 (262).
2. Александров П.С. Топология // сборник «Математика и естествознание в СССР», Москва-Ленинград, издательство АН СССР, 1938.
3. Аносов Д.В. О вкладе Н.Н.Боголюбова в теорию динамических систем // журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299).
4. Аносов Д.В. О развитии теории динамических систем за последнюю четверть века // сайт «Научная сеть», 1998.
5. Арнольд В.И. Об А.Н.Колмогорове // книга «Колмогоров в воспоминаниях», Москва, «Наука», 1993.
6. Арнольд В.И. Особенности, бифуркации и катастрофы // журнал «Успехи физических наук», 1983, том 141, выпуск 4.
7. Арнольд В.И. Новый обскурантизм и российское просвещение. – М., Фазис, 2003.
8. Арнольд В.И. Недооцененный Пуанкаре // журнал «Успехи математических наук», 2006, том 61, выпуск 1 (367).
9. Арнольд В.И. А.Н.Колмогоров и естествознание // журнал «Успехи математических наук», 2004, том 59, выпуск 1 (355).
10. Арнольд В.И. Что такое математика? – М., издательство МЦНМО, 2008.
11. Атья М. Математика в двадцатом веке // сборник «Математическое просвещение», 2003, серия 3, выпуск 7.
12. Арнольд В.И. И.Г.Петровский, топологические проблемы Гильберта и современная математика // журнал «Успехи математических наук», 2002, том 57, выпуск 4 (346).
13. Афанасьев А.П., Дзюба С.М. Элементарное введение в теорию экстремальных задач. – Тамбов, «Пролетарский светоч», 2001.
13. Баннаи Э., Ито Т. Алгебраическая комбинаторика. – М., Мир, 1987.
14. Биркгоф Г. Теория структур. – М., Издательство иностранной литературы, 1952.
15. Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мальцев А.А. и другие. Михаил Михайлович Постников // журнал «Успехи математических наук», 1989, том 44, выпуск 6 (270).
16. Борисович Ю.Г., Звягин В.Г., Сапронов Ю.И. Нелинейные фредгольмовы отображения и теория Лере-Шаудера // журнал «Успехи математических наук», 1977, том 32, выпуск 4 (196).
17. Бородин П.А., Тихомиров В.М. Критерии гильбертовости банахова пространства, связанные с теорией приближений // журнал «Математическое просвещение», 1999, серия 3, выпуск 3.
18. Ботт Р., Ту Л.В. Дифференциальные формы в алгебраической топологии. – М., Наука, 1989.
19. Бурбаки Н. Очерки по истории математики. – М., Эдиториал УРСС, 2007.
20. Бытев В.О. Дифференциальные уравнения инвариантных подмоделей континуума // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, 2003.
21. Вавилов Н. Не совсем наивная теория множеств // электронный ресурс.
22. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. – М., Издательство иностранной литературы, 1960.

23. Вейль А. Эллиптические функции по Эйзенштейну и Кронекеру. – М., Мир, 1978.
24. Вейль Г. Математическое мышление. – М., Наука, 1989.
25. Вилейтнер Г. История математики от Декарта до середины XIX столетия. – М., Наука, 1966.
26. Вишик М.И., Колмогоров А.Н., Фомин С.В., Шилов Г.Е. Израиль Моисеевич Гельфанд // журнал «Успехи математических наук», 1964, том 19, выпуск 3 (117).
27. Гаташ В. На математическом Эвересте кипят страсти // газета «Зеркало недели», № 42 (621), ноябрь 2006 г.
28. Гельфанд С.И., Манин Ю.И. Методы гомологической алгебры. Том 1. – М., Наука, 1988.
29. Гиндикин С. Феликс Клейн // журнал «Квант», 1975, № 12.
30. Гнеденко Б.В. О работах А.Н.Колмогорова по теории вероятностей // журнал «Успехи математических наук», 1963, том 28, выпуск 5 (113).
31. Голдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики. – М., Мир, 1983.
32. Горески М., Макферсон Р. Стратифицированная теория Морса. – М., Мир, 1991.
33. Гриффитс Ф., Кинг Дж. Теория Неванлинны и голоморфные отображения алгебраических многообразий. – М., Мир, 1976.
34. Громов М. Гиперболические группы. – Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2002.
35. Гротендик А. Урожай и посевы. – Ижевск, Удмуртский университет, 2001.
36. Гротендик А. О некоторых вопросах гомологической алгебры. – М., Издательство иностранной литературы, 1961.
37. Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж. Пути и лабиринты. Очерки по истории математики. – М., Мир, 1986.
38. Демина Н. Анатолий Вершик – классификации не поддается // газета «Полит. Ру», 12 января 2009 г.
39. Джонс В. Теория узлов и статистическая механика // журнал «В мире науки», 1991, № 1.
40. Дужин С.В., Чмутов С.В. Узлы и их инварианты // сборник «Математическое просвещение», 1999, серия 3, выпуск 3.
41. Дьедонне Ж. Абстракция и математическая интуиция // сборник «Математики о математике», Москва, Знание, 1982.
42. Дьедонне Ж. Современное развитие математики // сборник «Математика», 1966, № 3.
43. Дьедонне Ж. Геометрическая теория инвариантов. – М., Мир, 1974.
44. Егоров Ю.В. Микролокальный анализ // сборник «Итоги науки и техники. Современные проблемы математики», 1988, том 33.
45. Ивин А.А. Логика. – М., Знание, 1998.
46. Ильяшенко Ю.С. Аттракторы динамических систем и философия общего положения // сборник «Математическое просвещение», 2008, серия 3, выпуск 12.
47. История математики с древнейших времен до начала нового времени. Под ред. Юшкевича А.П. – М., Наука, 1970.
48. Карацуба А.А. Иван Матвеевич Виноградов // журнал «Успехи математических наук», 1981, том 36, выпуск 6 (222).
49. Кассель К. Квантовые группы. – М., Фазис, 1999.
50. Клайн М. Математика. Утрата определенности. – М., Мир, 1984.
51. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии. – Москва-Ленинград, ГОНТИ, 1937.
52. Козлов В.В. Вариационное исчисление в целом и классическая механика // журнал «Успехи математических наук», 1985, том 40, выпуск 2 (242).
53. Колесников П.С. Строение ассоциативных конформных алгебр // автореферат докторской диссертации, Новосибирск, 2008.
54. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М., Наука, 1974.
55. Крафт Х. Алгебраические кривые и диофантовы уравнения // сборник «Живые числа», 1985.

56. Крафт Х. Геометрические методы в теории инвариантов. – М., Эдиториал УРСС, 2000.
57. Крейн М.Г., Шилов Г.Е. Марк Аронович Наймарк // журнал «Успехи математических наук», 1960, том 15, выпуск 2 (92).
58. Курант Р. Роббинс Г. Что такое математика? – М., МЦНМО, 2000.
59. Курляндчик Л., Розенблум Г. Метод бесконечного спуска // журнал «Квант», 1978, № 1.
60. Курош А.Г. Современное состояние теории колец и алгебр // журнал «Успехи математических наук», 1951, том 6, выпуск 2 (42).
61. Курош А.Г. Пути развития и некоторые очередные проблемы теории бесконечных групп // журнал «Успехи математических наук», 1937, выпуск 3.
62. Курош А.Г. Анатолий Иванович Мальцев // журнал «Успехи математических наук», 1959, том 14, выпуск 6 (90).
63. Курош А.Г., Лившиц А.Х., Шульгейфер Е.Г. Основы теории категорий // журнал «Успехи математических наук», 1960, том 15, выпуск 6 (96).
64. Кутателадзе С. Сергей Соболев и Лоран Шварц // газета «Наука в Сибири», 2003, № 45 (2431).
65. Кутателадзе С.С. Саундерс Маклейн, рыцарь математики // сайт «Сибирские электронные математические известия», том 2, 2005.
66. Кытманов А.М., Мысливец С.Г., Тарханов Н.Н. О голоморфной формуле Лефшеца в строго псевдовыпуклых областях на комплексных многообразиях // «Математический сборник», 2004, том 195, № 12.
67. Лапко А.Ф., Люстерник Л.А. Из истории советской математики // журнал «Успехи математических наук», 1967, том 22, выпуск 6 (138).
68. Леви П. Конкретные проблемы функционального анализа. – М., Наука, 1967.
69. Лефшец С. Страница математической автобиографии // журнал «Успехи математических наук», 1970, том 25, выпуск 6 (156).
70. Лионс Ж.Л., Мадженес Э. Неоднородные граничные задачи и их приложения. Том 1. – М., Мир, 1971.
71. Лузгарев А.Ю. Надгруппы исключительных групп // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, 2008.
72. Люстерник Л.А. Молодость московской математической школы // журнал «Успехи математических наук» (УМН), 1967, том 22, выпуск 1 (133).
73. Люстерник Л.А. Молодость Московской математической школы // журнал «Успехи математических наук», 1967, том 22, выпуск 4 (136).
74. Люстерник Л.А., Соболев В.И. Элементы функционального анализа. – М., Наука, 1965.
75. Люстерник Л.А., Шнирельман Л.Г. Топологические методы в вариационных задачах. – М., издательство МГУ, 1930.
76. Маврикиди Ф.А. Фракталы: постигая взаимосвязанный мир // журнал «Грани науки», № 3, 2000 г.
77. Мальцев А.И. Об одном классе алгебраических систем // журнал «Успехи математических наук», 1953, том 8, выпуск 1.
78. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М., Наука, 1970.
79. Мамфорд Д. Алгебраическая геометрия. Комплексные проективные многообразия. – М., Мир, 1979.
80. Манин Ю.И., Панчишкин А.А. Введение в теорию чисел // сборник «Итоги науки и техники», 1990, том 49.
81. Манин Ю.И., Марков М.А., Новиков С.П. и другие. Памяти Феликса Александровича
82. Березина // журнал «Успехи физических наук», 1981, том 134, выпуск 2.
83. Манин Ю.И. Математика как метафора. – М., МЦНМО, 2008.
84. Маслов В.П., Литвинов Г.Л., Соболевский А.Н. Идемпотентная математика и интервальный анализ // журнал «Вычислительные технологии», 2001, том 6, № 6.
85. Математика XVII столетия. Под ред. Юшкевича А.П. – М., Наука, 1970.
86. Математика XVIII столетия. Под ред. Юшкевича А.П. – М., Наука, 1972.

87. Математика 19 века: математическая логика, алгебра, теория чисел, теория вероятностей. Под ред. Колмогорова А.Н. и Юшкевича А.П. – М., Наука, 1978.
88. Математика 19 века: чебышевское направление в теории функций. Под ред. Колмогорова А.Н. и Юшкевича А.П. – М., Наука, 1987.
89. Математическая энциклопедия. Том 1. Под ред. Виноградова И.М. – М., Советская энциклопедия, 1977.
90. Математическая энциклопедия. Том 3. Под ред. Виноградова И.М. – М., Советская энциклопедия, 1977.
91. Математическая энциклопедия. Том 4. Под ред. Виноградова И.М. – М., Советская энциклопедия, 1984.
92. Математическая энциклопедия. Том 5. Под ред. Виноградова И.М. – М., Советская энциклопедия, 1985.
93. Медведев Ф.А. Развитие теории множеств в 19 веке. – М., Наука, 1965.
94. Медведев Ф.А. Развитие понятия интеграла. – М., Наука, 1974.
95. Медведев Ф.А. Очерки истории теории функций действительного переменного. – М., Наука, 1975.
96. Медведев Ф.А. О работах Анри Лебега по теории функций // журнал «Успехи математических наук», 1975, том 30, выпуск 4 (184).
97. Мерфи Дж.  $C^*$ -алгебры и теория операторов. – М., МЦНМО, 1997.
98. Мехмятяне вспоминают. Электронный ресурс, 2008.
99. Милн Дж. Этальные когомологии. – М., Мир, 1983.
100. Митягин Б.С., Шварц А.С. Функторы в категориях банаховых пространств // журнал «Успехи математических наук», 1964, том 29, выпуск 2 (116).
101. Насар С., Грубер Д. Легендарная задача и битва за приоритет // «Живой журнал», 2008, август.
102. Никул А.С. Тензорная тригонометрия. – М., Мир, 2004.
103. Новиков С.П. Алгебраическая топология // журнал «Современные проблемы математики», 2004, выпуск 4.
104. Новиков С.П., Бунимович Л.А., Вершик А.М. и другие. Яков Григорьевич Синай // журнал «Успехи математических наук», 1996, том 51, выпуск 4 (310).
105. Новиков С.П. Рохлин // серия очерков «Математики за кулисами социализма», 1998.
106. Новиков С.П. Методы алгебраической топологии с точки зрения теории кобордизмов // журнал «Известия РАН. Серия математическая», 1967, том 31, выпуск 4.
107. Новиков С.П. Топология в XX веке: взгляд изнутри // журнал «Успехи математических наук», 2004, том 59, выпуск 5 (359).
108. Ожигова Е.П. Об истоках символических и комбинаторных методов в конце XVIII – начале XIX вв. // сборник «Историко-математические исследования», 1979, выпуск XXIV.
109. Ожигова Е.П. Шарль Эрмит. – Ленинград, Наука, 1982.
110. Пайтген Х.О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. – М., Мир, 1993.
111. Панченков А.Н. Аналитическое естествознание. – Нижний Новгород, 2008.
112. Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании. – Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2005.
113. Петров Ю.П. Лекции по истории прикладной математики. – СПб., СПбГУ, 2001.
114. Писаревский Б.М., Харин В.Т., С.Л.Соболев. Новый подход к постановке и решению задач математической физики // книга «Беседы о математике и математиках», 1998.
115. Писаревский Б.М., Харин В.Т., А.Н.Тихонов. Корректное решение некорректных задач // книга «Беседы о математике и математиках», 1998.
116. Плеснер А.И. Спектральная теория линейных операторов // журнал «Успехи математических наук», 1941, выпуск 9.
117. Полищук Е.М. Эмиль Борель. – Ленинград, Наука, 1980.
118. Полищук Е.М. Софус Ли. – Ленинград, Наука, 1983.
119. Понтрягин Л.С. Жизнеописание. – М., Прима-В, 1998.

120. Пойа Д. Математическое открытие. – М., Наука, 1976.
121. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М., Наука, 1975.
122. Постников М.М. Теория гомологий гладких многообразий и ее обобщения // журнал «Успехи математических наук», 1956, том 11, выпуск 1 (67).
123. Починка О.В. Классификация диффеоморфизмов Морса-Смейла с конечным множеством гетероклинических орбит на 3-многообразиях // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, 2004.
124. Прасолов В.В., Сосинский А.Б. Узлы, зацепления, косы и трехмерные многообразия. – М., МЦНМО, 1997.
125. Пуанкаре А. Наука и метод // книга Пуанкаре А. «О науке», Москва, «Наука», 1983.
126. Пуанкаре А. Избранные труды. – М., Наука, 1974.
127. Разумовский О.С. Методологические проблемы экстраполяции и инверсии (вариационные принципы в науке) // журнал «Философия науки», Новосибирск, 1995, № 1.
128. Реферативный журнал «Математика. Сводный том». Главный редактор – Р.В.Гамкрелидзе, 2006, № 11.
129. Рид К. Гильберт. – М., Наука, 1977.
130. Робинсон А. Введение в теорию моделей и метаматематику алгебры. – М., Наука, 1967.
131. Рыбников К.Л. История математики. – М., издательство МГУ, 1974.
132. Сингх С. Великая теорема Ферма. – М., МЦНМО, 2000.
133. Смирнов С. Без Нобелевских премий // журнал «Знание-сила», 1983, № 2.
134. Смирнов С. Прогулки по замкнутым поверхностям. – М., МЦНМО, 2003.
135. Смирнов С. Как ее доказывали... // журнал «Знание-сила», 1999, № 1.
136. Сосинский А.Б. Узлы и косы. – М., МЦНМО, 2001.
137. Стиллвелл Д. Математика и ее история. – Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2004.
138. Стратонович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. – М., издательство МГУ, 1966.
139. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. – М., Наука, 1984.
140. Тихомиров В. Математика в первой половине XX века // журнал «Квант», 1999, № 1.
141. Тихомиров В.М. Сергей Михайлович Никольский // журнал «Квант», 2005, № 4.
142. Тихомиров В.М. Геометрия выпуклости // журнал «Квант», 2003, № 4.
143. Томилин А. Занимательно о космологии. – М., Молодая гвардия, 1971.
144. Тураев В. Элементарные идеалы зацеплений и многообразий: симметричность и асимметричность // журнал «Алгебра и анализ», 1989, том 1, выпуск 5.
145. Узель К. Краткий исторический очерк. Возникновение теории пучков // книга М.Касивары и П.Шапиры «Пучки на многообразиях», Москва, «Мир», 1997.
146. Улам С.М. Приключения математика. – Ижевск, НИЦ РХД, 2001.
147. Успенский В. Апология математики, или о математике как части духовной культуры // журнал «Новый мир», № 11, 2007.
148. Успенский В.А. Теорема Геделя о неполноте и четыре дороги, ведущие к ней // летняя школа «Современная математика», Дубна, 2007.
149. Федосова М. Сферическая геометрия // электронная энциклопедия «Кругосвет».
150. Фукс Д.Б. Двойственность Экмана-Хилтона и теория функторов в категории топологических пространств // журнал «Успехи математических наук», 1966, том 21, выпуск 2 (128).
151. Хирцебрух Ф. Топологические методы в алгебраической геометрии. – М., Мир, 1973.
152. Чандлер Б., Магнус В. Развитие комбинаторной теории групп. – М., Мир, 1985.
153. Чеботарев Н.Г. Многоугольник Ньютона и его роль в современном развитии математики // книга «Исаак Ньютон», АН СССР, 1943.
154. Чернавский А.В. Эдуард Чех // журнал «Успехи математических наук», 1971, том 26, выпуск 3 (159).

155. Чжень Шэн-Шэнь. Комплексные многообразия. – М., Издательство иностранной литературы, 1961.
156. Шапошников В.А. Математическая мифология и пангеометризм // сборник «Стили в математике. Социокультурная философия математики», СПб., РХГИ, 1999.
157. Шилов Г.Е. Жак Адамар и формирование функционального анализа // УМН, 1964, том 19, выпуск 3 (117).
158. Шостак А.П. Два десятилетия нечеткой топологии: основные идеи, понятия и результаты // журнал «Успехи математических наук», 1989, том 44, выпуск 6 (270).
159. Яглом И.М. Герман Вейль и идея симметрии // книга Г.Вейля «Симметрия», Москва, 2007.

### Список литературы к главе 10

1. Александр Михайлович Прохоров. Под ред. Щербакова И.А. – М., Физматлит, 2006.
2. Альтов Г. Гадкие утята фантастики // сборник «Полнос риска», 1970.
3. Альтшулер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества // журнал «Вопросы психологии», 1956, № 6.
4. Альтшулер Г.С. Алгоритм изобретения. – М., Московский рабочий, 1973.
5. Амнуэль П. Научная фантастика и фантастическая наука // электронный сайт «Русский переплет».
6. Андриюшин И.А., Чернышев А.К., Юдин Ю.А. Укрощение ядра. – Саров, Красный октябрь, 2003.
7. Арлазоров М.С. Артем Микоян. – М., Молодая гвардия, 1978.
8. Барашенков В.С. Вселенная в электроде. – М., Детская литература, 1988.
9. Батраков В. Воздух за щитом // журнал «химия и жизнь», 1978, № 2.
10. Белькинд Л.Д. Павел Николаевич Яблочков. – М., издательство АН СССР, 1962.
11. Благовестов А. То, из чего стреляют в СНГ. – М., издательство АСТ, 2003.
12. Болотовский Б.М., Ратнер Б.С. Владимир Иосифович Векслер – создатель синхрофазотрона // журнал «Природа», 2007 г., № 4.
13. Борисов В.П. Владимир Козьмич Зворыкин // журнал «Природа», 1998, № 7.
14. Бузиновская О., Бузиновский С. Тайна Воланда. – Барнаул, 2003.
15. Буровик К. Снежный король // сайт «Асмедиа», 2004.
16. Бусленко Н., Бусленко В. Беседы о поколениях ЭВМ. – М., Молодая гвардия, 1977.
17. Буш Г.Я. Методы технического творчества. – Рига, Лиесма, 1972.
18. Воспоминания об А.Ф.Иоффе. Под ред. Жузе В.П. – М., «Наука», 1973.
19. Габор Д. Нобелевская лекция «Голография» // журнал «Успехи физических наук», январь, 1973.
20. Гаджиев Ч. Огюст Пикар: творческий стиль // материалы к семинару преподавателей методики изобретательства, 1973.
21. Гаков В. Самопальная Америка // журнал «Деньги», № 12 (367) от 03.04.2002 г.
22. Гелб М. Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи. – Минск, Попурри, 2004.
23. Глушко В.П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. – М., Машиностроение, 1987.
24. Голованов Я. Дорога на космодром. – М., Детская литература, 1982.
25. Голованов Я. Королев: факты и мифы. – М., Наука, 1994.
26. Голубев А. Повелитель молний // сайт «Алфавит».
27. Гончаренко В.В. Как люди научились летать. – Киев, издательство «Веселка», 1986.
28. Горелик Г., Дорман И. Евгений Львович Фейнберг // сетевой альманах «Еврейская старина», 2003, № 9.
29. Гусев А., Дядюченко Ю. О водородном лейтенанте замолвите слово // журнал «Изобретатель и рационализатор», № 3 (627) 2002.
30. Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. От абака до компьютера. – М., Знание, 1981.

31. Данилов Ю.А., Кадомцев Б.Б. Что такое синергетика? // сборник «Нелинейные волны. Самоорганизация», Москва, «Наука», 1983.
32. Демин В. Циолковский. – М., Молодая гвардия, 2005.
33. Дерновая В. Продолжатель школы Либиенталя // журнал «Авиация общего назначения», апрель 2007 г.
34. Долматовский Ю.А. Автомобиль за 100 лет. – М., Знание, 1986.
35. Дунская И.М. Возникновение квантовой электроники. – М., «Наука», 1974.
36. Дыгало В. На крыльях белых парусов // журнал «Наука и жизнь», 2004, № 7.
37. Егоров А.А. Промышленные контроллеры: прошлое, настоящее и будущее // журнал «Промышленные АСУ и контроллеры», 2006, № 1.
38. Забаринский П. Стефенсон. – М., Журнально-газетное объединение, 1937.
39. Загорский Ф.Н., Загорская И.М. Генри Модсли. – М., Наука, 1981.
40. Зворыкин А.А., Осьмов Н.И., Чернышев В.И., Шухардин С.В. История техники. – М., Издательство социально-экономической литературы, 1962.
41. Ивин А.А. Логика. – М., Знание, 1998.
42. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. – М., Наука, 1981.
43. Кеттерле В. Нобелевская лекция «Когда атомы ведут себя как волны. Бозе-Эйнштейновская конденсация и атомный лазер» // журнал «Успехи физических наук», 2003, декабрь.
44. Коваленков В.И. Наш великий соотечественник // журнал «Вестник связи. Электросвязь», 1945, № 5.
45. Комаров В. ОР-1, первый ли // сборник «Загадки звездных островов», Москва, «Молодая гвардия», 1990.
46. Конон А. Рудольф Дизель // «Живой журнал», 31 декабря 2006.
47. Константинов А. Светозарный мост (о жизни, творчестве и идейном наследии И.А.Ефремова) // альманах «Наперекор», Москва, 2001.
48. Константинова С. Подводная эпопея // журнал «Изобретатель и рационализатор», № 5 (665), 2005 г.
49. Кусто Ж. В мире безмолвия. – М., издательство АСТ, 2003.
50. Лапшин И.И. Философия изобретения и изобретение в философии. – М., «Республика», 1999.
51. Лебедев В. Путешествие в мир механической музыки // «Московский журнал», 2007, № 12.
52. Лебедев И. Как клонировали «летающую крепость» // журнал «Эхо планеты», № 6, 2001.
53. Левин А. Забытые отцы лазера // журнал «Компьютерра», 2006, июнь.
54. Лей В. Ракеты и полеты в космос. – М., Воениздат, 1961.
55. Лилли С. Люди, машины и история. – М., Прогресс, 1970.
56. Люди русской науки. Под ред. Вавилова С.И. – Москва-Ленинград, 1948.
57. Марк С. Никола Тесла – повелитель Вселенной. – М., Эксмо, Яуза, 2007.
58. Моисеев Н.Н. Как далеко до завтрашнего дня. – М., издательство МНЭПУ, 1997.
59. Монетчиков С. Михаил Тимофеевич Калашников // журнал «Братишка», 2003, январь.
60. Морозов В.В., Николаенко В.И. История инженерной деятельности. – Харьков, НТУ ХПИ, 2007.
61. Неверов А. Охотник за голосами // журнал «Итоги», 2008, апрель.
62. Нейман Д. Теория самовоспроизводящихся автоматов. – М., Мир, 1971.
63. Нечаев Г. Кольт: человек и револьвер // газета «Новые известия», 20 июля 2004 г.
64. Никифоров О. Верхом на воздушном змее // «Независимая газета» от 16 января 2007 г.
65. Новиков А. История стартера // сайт «Автоиндекс», 2002.
66. Новиков К. Непотопляемый капитан // журнал «Деньги», № 22 (527) от 6 июня 2005 г.
67. Олейник А.А., Субботин С.А. Автоматизированная система синтеза нейросетевых моделей на основе эволюционного подхода // Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2009.

67. От махин до роботов. Составитель – М.Н.Ишков, Москва, «Современник», 1990.
68. Охлябинин С. Давайте изобретем велосипед. – М., «Молодая гвардия», 1981.
69. Парамонов В. Забытые страницы подводного флота // газета «Большая Волга», № 31 (10579) от 6 сентября 2002 г.
70. Перкинс Д. Как стать гением. – М., издательство АСТ, 2003.
71. Пекелис В. Твои возможности, человек! – М., Знание, 1986.
72. Пикуль В. Предвестники московского метро // журнал «Метро», 1995, № 3-4.
73. Полунов Ю. Щелкающие машины // сайт «Виртуальный компьютерный музей».
74. Полунов Ю. Электромеханический колосс // сайт «Виртуальный компьютерный музей».
75. Полунов Ю. Автора!!! // сайт «Виртуальный компьютерный музей».
76. Полунов Ю. Подари мне кольцо... // сайт «Виртуальный компьютерный музей».
77. Пономарев Я.А. Психология творчества. – М., Московский психолого-социальный институт, 1999.
78. Попов М., Первушин А. Верхом на бомбе // журнал «Мир фантастики», 2006, № 7.
79. Расторгуев А. История одного открытия // журнал «Самиздат», 2007, май.
80. Раушенбах Б.В. Герман Оберт. – М., Наука, 1993.
81. Родионов В.М. Зарождение радиотехники. – М., Наука, 1985.
82. Романенко Б. Звезда Кондратюка – Шаргея. – Калуга, Союз журналистов России, 1998.
83. Рокотов В. Смерть изобретателя // журнал «Совершенно секретно», январь 2005 г.
84. Рынин Н.А. Циолковский. Его биография, работы и ракеты. – Ленинград, 1931.
85. Садуль Ж. Всеобщая история кино. Том 1. – М., «Искусство», 1958.
86. Самойленко А.М. Н.Н.Боголюбов и нелинейная механика // журнал «Успехи математических наук», 1994, том 49, выпуск 5 (299).
87. Сапожников П. Проверено: шины есть // журнал «Деньги», № 44 (152) от 26.11.1997 г.
88. Сикирич Е. Открой самого себя // журнал «Новый Акрополь», 2005, № 3.
89. Скорик Е. Геди Ламар – изобретатель формата радиосвязи CDMA // журнал «Конструктор», 2002, № 11.
90. Сороко Л.М. Голография и интерференционная обработка информации // журнал «Успехи физических наук», 1966, сентябрь.
91. Спирин М. Лейтенант, опередивший время // газета «Аргументы и факты» от 09.09.2003 г.
92. Степанчикова М.А. Учимся изобретать. – М., Центр технического творчества учащихся, 1997.
93. Супотницкий М.В. Патенты – на пути технического прогресса // «Независимая газета», № 06 (42) от 20 июня 2001 г.
94. Сухотин А.К. Парадоксы науки. – М., Молодая гвардия, 1980.
95. Таунс Ч. Квантовая электроника и технический прогресс // журнал «Успехи физических наук», май, 1969.
96. Терентьев А.П. Как создавалось «сердце» противогАЗа // журнал «Химия и жизнь», 1966, № 9.
97. Ткач А., Кротков А. Десантная романтика длиною в жизнь // «Парламентская газета», № 098 (2166) от 2 августа 2007 г.
98. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. – М., Знание, 1975.
99. Ходаков Ю.В. Как рождаются научные открытия. – М., Наука, 1964.
100. Холланд Д. Генетические алгоритмы // журнал «В мире науки», 1992, № 9-10.
101. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. 1911.
102. Цыганкова Э. У истоков дизайна. – М., Наука, 1977.
103. Частиков А. Архитекторы компьютерного мира. – СПб., «БХВ-Петербург», 2002.
104. Чеканов Д. История GPS: фашисты, кинозвезда и военные тайны // электронный ресурс.
105. Черняк Л. Будущее компьютеров и обратная связь // журнал «Открытые системы», 18.12.2003 г.
106. Черняк Л. Ванневар Буш – изобретатель гипертекста // сайт «Виртуальный компьютерный музей».

107. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Том 1. – М., Машиностроение, 1999.
108. Чикин С.Я. Врачи-философы. – М., Медицина, 1990.
109. Шарле Д., Хасапов Б. Вернер Сименс: начало пути выдающегося изобретателя и промышленника // журнал «Connect!», 2004, январь.
110. Шкроб Ю. Так работал Челомей // журнал «Знание - сила», № 6, 2002.
111. Шкроб Ю. Генеральный вблизи // журнал «Изобретатель и рационализатор», № 8 (632), 2002 г.
112. Шестаков Д. Оружейные легенды. Сэмюэль Кольт // журнал «Охранная деятельность», 19 июля 2008 г.
113. Шубский П. История развития носителей информации // журнал «Игромания», № 12/123 от 2007 г.
114. Шухова Е. Труды и дни инженера В.Г.Шухова // журнал «Наше наследие», 2004.
115. Шушурин С.Ф. К истории голографии // журнал «Успехи физических наук», сентябрь, 1971.
116. Эрлихман В. От голубя до Интернета // журнал «Энергия промышленного роста», 2006, № 6.
117. Эрлихман В. Лента, опоясавшая мир // журнал «Энергия промышленного роста», 2005, № 1, ноябрь.
118. Яроцкий Я.В. Борис Якоби. – М., «Наука», 1988.

## Приложение

### Аналогии в области музыкального творчества

Рассматривая историю научных идей, мы отмечали, что эмпирической базой ученого, изучающего эту историю, являются тексты прошлого – книги, журнальные статьи, эпистолярное наследие (переписка), рукописи и черновики, автобиографические очерки и воспоминания. Это в равной степени относится и к специалистам, изучающим историю музыки, историю музыкальных произведений. Некоторые из них, подобно историкам науки, отмечали факт отсутствия во многих исторических источниках информации о том, как был создан тот или иной интеллектуальный продукт. На этом основании делался вывод о невозможности знать подлинную историю различных произведений искусства. Так, например, М.Е.Тараканов в статье «Замысел композитора и пути его воплощения» (сборник статей «Психология процессов художественного творчества», Ленинград, 1980) указывает: «Творческий процесс в музыке протекает столь извилистыми путями, настолько различен у разных композиторов, настолько велика в нем роль множества привходящих вещей, что исследователь не может претендовать на лучшее, нежели на обрисовку более или менее правдоподобной картины, обладающей некоторой степенью вероятности – на большее могут отважиться лишь заядлые оптимисты, к каковым я себя причислить не могу. Слишком уж подавляюще велика в процессе создания музыки мера непознаваемого» (Тараканов, 1980, с.127). «...Высказывания самого автора о своем труде, - поясняет М.Е.Тараканов, - в лучшем случае могут лишь намекнуть на то, как развивался творческий процесс, какие этапы он проходил, но не представить такой процесс с достаточно высокой степенью достоверности. Еще труднее восстановить ступени сложения шедевра, если такого рода высказываний нет или если в них имеются существенные пробелы» (там же, с.130). Эти мысли М.Е.Тараканова заставляют нас вспомнить Д.Пойа, который в книге «Математика и правдоподобные рассуждения» (1975) писал: «Я не могу рассказать подлинную историю того, как происходило открытие, потому что этого в действительности никто не знает. Однако я попытаюсь придумать правдоподобную историю того, как открытие могло произойти» (Пойа, 1975, с.16). Возникает также ассоциация с рассуждениями М.Тринга и Э.Лейтуэйта, которые в книге «Как изобретать» (1980) констатировали: «Редко удается проследить путь творческой мысли великих изобретателей: они по большей части были людьми замкнутыми и не рассказывали о ходе своих рассуждений даже в письмах. Поэтому их биографам не остается ничего другого, как основываться на их изобретениях или же на собственных догадках» (М.Тринг, Э.Лейтуэйт, 1980, с.46).

Необходимо вновь подчеркнуть, что если историк не пожалеет времени и сил на то, чтобы рассмотреть как можно больше исторических документов, то обнаружит факт, который с лихвой компенсирует все его труды: источников, позволяющих понять (реконструировать) историю продуктов творчества, гораздо больше, чем документов, закрывающих путь к такому пониманию и к такой реконструкции. В наше время высказывания ряда авторов о низкой ценности исторических источников могут свидетельствовать лишь о том, что в их поле зрения чаще всего попадали документы, не содержавшие информацию, необходимую для достоверного описания событий прошлого. Анализ богатой электронной литературы по истории искусства (и музыки), представленной в Интернете, дает нам право заявить: роль аналогии (заимствования и транспонирования) в музыкальном творчестве столь же колоссальна, как и в области науки. Одним из первых ценность переноса (анalogии) в музыке отметил Р.Х.Зарипов в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983). «Заимствование и последующая трансформация (варьирование) музыкальных тем при сочинении музыкальных произведений, - пишет он, - не являются плагиатом в широком понимании этого слова. Многие композиторы сознательно использовали в своих сочинениях известные мелодии, большей частью мелодии народных песен. Например, мотив «Чижика» в арии царя Додона из оперы Римского-Корсакова «Золотой петушок» или тема «Во поле береза стояла» - в симфонии Чайковского» (Зарипов,

1983, с.96). Именно на материале музыкальных сочинений Р.Х.Зарипов пришел к выводу о том, что интуиция может быть описана как процесс, основанный на аналогии (транспонировании). «...Мы хотим показать на ряде конкретных примеров, - подчеркивает Р.Х.Зарипов, - что значительная часть интуитивных актов, составляющих творческий процесс, представляет собой неосознанное или не вполне осознанное использование повторяющихся алгоритмизируемых процедур. Такой процедурой – на наш взгляд, она занимает весьма большое место в творческом процессе – является перенос некоторой фиксированной структуры при варьировании ситуаций» (там же, с.13). Развивая эту мысль Р.Х.Зарипова, мы можем сказать, что в творчестве таких великих композиторов, как Бах, Моцарт, Бетховен, Чайковский, нет ничего таинственного и непознаваемого. Работая над своими шедеврами, они широко использовали мелодии, заимствованные из произведений своих коллег или фольклора, преображая эти мелодии под влиянием стремления к новизне и гармонии. Когда требовалось уйти с проторенных путей, найти совершенно новые сочетания звуков, они применяли вездесущий метод проб и ошибок, экспериментировали со звуками (нотами), как экспериментирует ученый, пробуя, ошибаясь, но, тем не менее, медленно продвигаясь вперед. Однако в данной работе мы не можем уделить много внимания этому методу экспериментирования (методу проб), поэтому сосредоточимся на произведениях, в которых ключевую роль играла аналогия.

**1) Аналогия Джованни Палестрины.** Итальянский композитор Д.Палестрина (1525-1594) сочинил многие мессы – многоголосные циклические произведения на тексты католической литургии – благодаря тому, что по аналогии использовал в них мелодии чужих песен, а также григорианские мелодии. Т.Ливанова в 1-ом томе книги «История западноевропейской музыки до 1789 года» (Москва, 1983) пишет: «Тематические источники месс Палестрины вполне традиционны. Он создавал их на материале чужих песен (П.Кадеака, Д.Л.Примаверы), мотетов (Л.Хеллинка, Жоскена, Жаке, Андреа де Сильва и других), мадригалов (Д.Феррабоско, К.де Роре), на григорианские мелодии. Более двадцати раз композитор опирался в мессах на собственные мотеты...» (Т.Ливанова, 1983). Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) пишет о том, что в свое время Тридентский собор велел композиторам перенять стиль Палестрины: «Влияние, оказанное мессами на духовенство, было настолько сильным, что выступления против использования в церковной музыке контрапункта прекратились. Кроме того, Тридентский собор постановил за правило всем композиторам писать в стиле Палестрины» (Горбачева, 2002, с.22).

**2) Аналогия Клаудио Монтеверди.** Итальянский композитор К.Монтеверди (1567-1643), создавая духовную кантату «Плач Марии» (1641), по аналогии перенес в нее мелодию арии «Жалоба Ариадны» из своей оперы «Ариадна» (1608). Елена Бронфин в книге «Клаудио Монтеверди» (1970) пишет об указанной арии из оперы «Ариадна»: «Монтеверди вложил в музыку арии всю свою страдавшую душу, всю силу своей тоски по любимой Клаудии. По-видимому, композитору эта сцена была очень дорога. Он опубликовал ее отдельным изданием, позднее использовал при сочинении пятиголосного мадригала, который вошел в Шестую книгу, и, наконец, в 1641 году (за два года до смерти) превратил в своего рода духовную кантату под названием «Плач Марии» (Е.Бронфин, 1970).

**3) Аналогия Арканджело Корелли.** Итальянский композитор А.Корелли (1653-1717), создавая свои «Сонаты», перенес в них мелодию под названием «Фолья», которая представляет собой мелодию испано-португальской танцевальной песни. К.Кузнецов и И.Ямпольский в книге «Арканджело Корелли» (1953) объясняют: «Самостоятельная, финальная часть в «Сонатах» Корелли ор.5 носит название «Фолья». У лондонского издателя, прославленного пропагандой новых, демократичных танцев («контрадансов» - деревенских танцев) Джона Плейфорда была напечатана в 1680 году мелодия фольи испано-португальской танцевальной песни типа сарабанды про неудержимую, «безумную» любовь. Мелодия была

напечатана у Плейфорда с сопровождением неизменно повторяющегося (остинантного) баса. На этом басу – вереница несложных вариаций. Их автором был итальянский скрипач, родившийся во Франции, Мишель Фаринелли. Он гордился приоритетом в отношении вариаций Фольи и в своей автобиографии подчеркивал, что сочинил их до Корелли. Корелли, если признать доказанным, что именно у Фаринелли он заимствовал мелодию Фольи, внес в нее ряд изменений, в частности, обновил лад, проведя отклонение из ре-минора в доминанту параллельного мажора (в до мажор). В редакции Корелли мелодия Фольи приобрела собранность, напряженность и страстность» (К.Кузнецов, И.Ямпольский, 1953). Об этом же пишет Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008): «Самая популярная среди сольных скрипичных композиций Корелли – ре-минорная, написана в виде вариаций на тему португальской народной песни о безумной девушке и ее несчастной любви» (Д.Самин, 2008).

**4) Аналогия Арканджело Корелли и Гектора Берлиоза.** А.Корелли создал свое произведение «Пастораль», являющееся финальной частью его «Рождественского концерта» (Концерта № 8), в результате того, что по аналогии заимствовал основную мелодию произведения из итальянского народного фольклора. Позже Г.Берлиоз включит пасторальную мелодию, взятую из «фонда» народного музыкального творчества, в свою «Фантастическую симфонию» (1830). К.Кузнецов и И.Ямпольский в книге «Арканджело Корелли» (1953), обсуждая явления заимствования композитором фольклорного материала, пишут: «Пастораль» Корелли относится к области тех же явлений. Она навеяна подлинной народной музыкой, наигрышами итальянских «пифферари», флейтистов, гобоистов, волынщиков; на праздники они спускались с гор в Рим и услаждали слушателей на улицах, площадях. Игру «пифферари», спустя столетие, ярко описал в своих «Мемуарах» Берлиоз, использовавший их мелодии в «Сельской сцене» своей «Фантастической симфонии» (К.Кузнецов, И.Ямпольский, 1953).

**5) Аналогия Жана-Анри Д'Англебера, Антонио Вивальди и Ференца Листа.** Ж.-А. Д'Англебер, А.Вивальди и Ф.Лист в своих произведениях неоднократно использовали мелодию «Фольи», демонстрируя как бы принцип сохранения и ассимиляции наиболее красивых мелодий. К.Кузнецов и И.Ямпольский в книге «Арканджело Корелли» (1953) отмечают: «Мелодия Фольи неоднократно использовалась композиторами многих стран: Д'Англебер в «Пьесах для клавесина» (1689) дает 22 вариацию на Фолью, Вивальди в качестве заключительного номера своих трио-сонат ор.1 (ок.1712-1713) помещает фолью, Лист свою известную «Испанскую рапсодию» для фортепиано написал на тему фольи и др.» (К.Кузнецов, И.Ямпольский, 1953).

**6) Аналогия Георга Филиппа Телемана.** Немецкий композитор Г.Ф.Телеман (1681-1767) написал свои первые фуги – полифонические композиции, основанные на развитии одной темы, по аналогии с фугами Иоганна Кунау. В.Рабей в книге «Георг Филипп Телеман» (1974), говоря о том, что однажды между Телеманом и Кунау возникли разногласия по поводу характера создаваемой Телеманом музыки, пишет: «Тем не менее, Телеман учится у Кунау мастерству полифонической техники, в чем сам признается: «Перо превосходного господина Иоганна Кунау служило мне образцом в фугах и контрапунктах» (Автобиография 1739 года)».

**7) Аналогия Георга Филиппа Телемана.** Г.Ф.Телеман, работая над своими многочисленными музыкальными сочинениями: сонатами, концертами, оркестровыми и клавирными сюитами, по аналогии использовал в них польские и чешские (ганские) народные мелодии, с которыми он познакомился, когда посетил древнюю столицу Польши – Краков. В.Рабей в книге «Георг Филипп Телеман» (1974), характеризуя основные этапы творчества немецкого композитора, повествует: «В последующие годы (1705-1707) Телеман, будучи в должности капельмейстера при дворе графа Эрдмана фон Промнитц в Зорау (ныне

польский город Зары), по долгу службы сопровождает своего патрона во время летних поездок в поместья последнего, расположенные в Верхней Силезии, посещает с ним древнюю столицу Польши – Краков. Здесь он неожиданно открывает для себя музыку западно-славянских народов – польскую и ганацкую (от слова «ганак», то есть житель Моравской Ганы, области нынешней Чехославакии), о которой отзываясь с неподдельным восхищением. Это соприкосновение с новой для него музыкальной стихией оставило глубокий след во всем творчестве композитора. Много лет спустя Телеман в своей автобиографии подробно рассказывает о впечатлении, которое произвела на него игра народных музыкантов...» (В.Рабей, 1974). Далее В.Рабей детализирует свою реконструкцию истоков творчества Телемана: «Следует напомнить о плодотворном воздействии польской народной музыки. Освежающая струя славянской мелодики и ритмики вдохновляла Телемана, как и других немецких композиторов его эпохи, шедших по пути преодоления традиций «музыкального барокко» и формирования нового, классического стиля. Непосредственное отражение славянских влияний мы находим в таких произведениях, как две «Польских трио-сонаты», два «Польских концерта» и «Польская партита» (последняя сохранилась в виде лютневой табулатуры), а также в отдельных частях оркестровых и клавирных сюит, написанных в характере польского танца (обычно мазурки)» (В.Рабей, 1974). Ромен Роллан в очерке «Автобиография одной забытой знаменитости», который содержится в его книге «Музыкальное путешествие в страну прошлого» (Собрание сочинений, том 17, Ленинград, 1935) цитирует Телемана, который так высказывается о заимствовании польского музыкального фольклора: «Мне приходилось слышать до тридцати шести волынок и восьми скрипок вместе. Трудно поверить, что за необычайная фантазия у игроков на волынках или скрипках, когда они импровизируют во время отдыха танцующих. Если приняться записывать, то можно за восемь дней запастись идеями на всю жизнь» (Р.Роллан, 1935).

**8) Аналогия Генри Перселла.** Выдающийся английский композитор Г.Перселл (1659-1695) при создании своей арии «Может светлый образ твой из страны изгнать порок» использовал мелодию старой шотландской баллады «Холодный и сырой», которая нравилась английской королеве Марии. Джек Уэстреп в книге «Перселл» (Ленинград, 1980) описывает эпизод из жизни Перселла и королевы Марии: «Мистер Гостлинг и миссис Хант спели несколько произведений Перселла, который аккомпанировал им на клавесине. Наконец, королева, почувствовав усталость, спросила у миссис Хант, не может ли та исполнить старую шотландскую балладу «Холодный и сырой»; миссис Хант ответила утвердительно и тут же ее спела, аккомпанируя себе на лютне. Все это время Перселл без дела сидел за клавесином, нисколько не уязвленный тем, что королева предпочла простонародную балладу его сочинениям; но видя, что королеве нравится этот напев, он решил сделать так, чтобы она услышала любимую мелодию по другому поводу; и соответственно, в следующем 1692 году сочинил арию «Может светлый образ твой из страны изгнать порок», использовав в басовом голосе мотив «Холодного и сырого» (Д.Уэстреп, 1980).

**9) Аналогия Генри Перселла.** Г.Перселл в процессе работы над оперой «Буря, или Зачарованный остров» (1690-е годы) перенес в данное произведение мелодию из оперы французского композитора Жана Батиста Люлли «Кадм и Гермиона» (1673). Джек Уэстреп в книге «Перселл» (1980) говорит о Перселле и опере Люлли: «Показ оперы «Кадм и Гермиона» на английской сцене важен не только как свидетельство французского влияния на театр эпохи Якова II, но и как событие, предвещающее появление важнейших произведений Перселла для театра. Вероятно, композитор присутствовал на представлении оперы, или, по крайней мере, знал ее музыку, поскольку он использовал мелодию «Выхода Зависти» из ее пролога в танце, который следует за арией «Ветры подземные, вейте» в «Буре» (Д.Уэстреп, 1980). В другом месте той же книги Д.Уэстреп пытается объяснить причины использования Перселлом музыки Люлли: «...Перселл использует музыку другого композитора, и было бы

интереснее выяснить мотивы подобного заимствования. Опера «Кадм и Гермiona» исполнялась в Лондоне в 1686 году – вполне возможно, что Перселл знал ее музыку. Но это еще не объясняет, почему мастер, наделенный столь богатой творческой фантазией, прибегнул к заимствованию чужого сочинения. Нельзя поручиться, что Перселл сделал это сознательно, поскольку автограф «Бури» утрачен. Вполне возможно, что, переписав для себя понравившийся ему танец, он позже случайно нашел его в своих бумагах и, не задумавшись о происхождении этой записи, решил ее использовать» (Д.Уэстреп, 1980).

**10) Аналогия Генри Перселла.** Г.Перселл, сочиняя музыку для своей оперы «Диоклетиан» (1690), использовал в ней мелодию, взятую из произведений итальянского композитора Тарквинио Мерулы (1590-1665). Джек Уэстреп в книге «Перселл» (1980) пишет об опере Перселла «Диоклетиан», об эпизоде «Маска» из этой оперы: «Маска» завершается широко разработанным гимном, в котором воспевается триумф любви (этот мотив был намечен еще в «Дидоне и Энее»). Весь хор построен на основе остинатного баса, традиционного по форме, но обладающего богатыми художественными возможностями. Берни указывал, что эту тему ранее использовал Мерула. Подобные мелодии были общей собственностью всех композиторов» (Д.Уэстреп, 1980).

**11) Аналогия Генри Перселла.** Г.Перселл, создавая оперу «Королева индейцев» (1695), перенес в нее мелодию оды, посвященной английской королеве Марии и называющейся «Идите, о, сыны искусства» (1694). Джек Уэстреп в книге «Перселл» (1980) констатирует: «Однако лучшей из всех од, посвященных королеве Марии, следует признать последнюю – «Идите, о, сыны искусства» (1694). В ней снова используются трубы, но уже просто как концертирующие инструменты, выступающие наравне со струнными и певцами. Величественная увертюра из оды была использована в пьесе «Королева индейцев», о чем упоминалось выше» (Д.Уэстреп, 1980).

**12) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах заимствовал многие мелодии своих произведений из песен, которые он встречал в многочисленных песенных сборниках. Лауреат Нобелевской премии мира за 1952 год Альберт Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) указывает: «Бах черпал из сокровищницы прошлого, которая была богато представлена в песенниках. Эта сокровищница со временем все более пополнялась. Так, Эрфуртский сборник 1524 года содержал двадцать шесть песен; первое издание Бабста – сто одну песню; крюгеровское собрание, которым почти столетие пользовались в Берлине, имело в первом издании (1640) двести пятьдесят песен, в сорок четвертом (1736) – тысячу триста; Люнебургское (1686) – две тысячи; лейпцигское 1697 года – свыше пяти тысяч. Из сохранившейся инвентарной описи мы знаем, что Бах имел это восьмитомное лейпцигское издание...» (Швейцер, 1965, с.12).

**13) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах при работе над погребальным хоралом «О, глава, истекающая кровью», а также создавая свою знаменитую ораторию «Страсти по Матфею» (1729), по аналогии перенес в данные произведения мелодию любовной песни «Я смущен душой, и дева нежная тому виной». Эту песню И.С.Бах почерпнул из сборника светских песен, изданного немецким композитором Хансом Лео Хаслером в 1601 году. Р.Х.Зарипов в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983) указывает: «Заимствованные из народной светской музыки формы, песенные и танцевальные мелодии широко использовал в своих произведениях (кантатах, ораториях, хоралах) Иоганн Себастьян Бах. Так, например, немецкий композитор Ханс Лео Хаслер издал в 1601 г. сборник светских песен (мадригалы, канцонетты). Среди них была любовная песня «Я смущен душой, и дева нежная тому виной». Мелодия этой песни стала основой погребального хорала «О, глава, истекающая кровью» и неоднократно использовалась Бахом в его оратории «Страсти по Матфею» (1729). Подобное происхождение имеют и другие его

хоралы. Любовная песенка «Пошел я было гулять» превращается в хорал «Не оставляй господ», а песня «Смутилось сердце» - в похоронный хорал (В.С.Галацкая, 1957)» (Зарипов, 1983, с.96). Об этом же пишет А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965), что позволяет понять эволюцию оратории «Страсти по Матфею»: «В 1601 году Ганс Лео Гасслер (1564-1612) из Нюрнберга издает «Lust-garten...» для 4, 5 и 8 голосов. Мелодия любовной песни из этого сборника... двенадцать лет спустя появляется в виде зауспокойного хорала... Позднее к ней присоединяются слова Пауля Герхардта... она приобретает значение главенствующей мелодии баховских «Страстей по Матфею» (Швейцер, 1965, с.17). Я.Хаммершлаг в книге «Если бы Бах вел дневник» (1963) сообщает, что Бах часто по аналогии переносил мелодии из своих религиозных произведений в светские, а мелодии светских произведений – в религиозные (церковные). «Свои музыкальные идеи, - отмечает Я.Хаммершлаг, - Бах использовал в самых различных произведениях, часто повторяя одни и те же мысли, на первый взгляд с совершенно незначительными изменениями. Более того, часто случалось, что темы религиозного характера он разрабатывал в светском стиле, и наоборот» (Хаммершлаг, 1963, с.46). Вообще, Бах широко использовал народную (фольклорную) музыку. В.Галацкая в книге «Музыкальная литература зарубежных стран» (1978) пишет: «Займствованные из народной музыки формы, песенные и танцевальные мелодии можно встретить в любых произведениях Баха. Не говоря уже о светской музыке, он широко и многообразно ими пользуется в своих духовных сочинениях: в кантатах, ораториях, пассионах, си-минорной мессе» (Галацкая, 1978, с.93).

**14) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах при создании оратории «Страсти по Матфею» (1729), помимо мелодии любовной песни «Я смущен душой, и дева нежная тому виной», взятой из сборника светских песен Х.Л.Хаслера, по аналогии перенес в свою ораторию одну из мелодий кантора церкви св.Николая Иоганна Крюгера. А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) говорит о музыкантах, сочинявших духовные произведения: «Среди этих композиторов выделяется Иоганн Крюгер (1598-1662), кантор церкви св.Николая в Берлине, посвятивший свое искусство поэтическому творчеству Пауля Герхардта и Иоганна Франка. Лучшие из его мелодий... занимают почетное место в произведениях Баха. И мелодия первого хорала «Herzliebster Jesu» из «Страстей по Матфею» принадлежит Крюгеру» (Швейцер, 1965, с.18). Об этом же пишется в статье «Крюгер Йохан» (электронная энциклопедия «Википедия»): «В 1622 г. стал кантором церкви св.Николая в Берлине. Выпустил три сборника гимнов, в каждом из которых содержится мелодия «Herzliebster Jesu, was hast du verbrochen?», использованная И.С.Бахом в «Страстях по Матфею» (энциклопедия «Википедия»).

**15) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах написал значительное количество гимнов благодаря тому, что по аналогии заимствовал мелодии для них из произведений других композиторов. Дж.Сэмпсон в статье «Бах и Шекспир» (журнал «Человек», № 2, 2000) пишет: «Музыка других композиторов была для Баха не только предметом изучения, но и творческим стимулом. Все свидетельства очевидцев говорят о его беспредельных возможностях в области импровизации, при этом в качестве исходной он предпочитал использовать не свою, а заимствованную где-либо тему. Любопытно, что гимны на его собственные мелодии уступают чудесной и исполненной выразительности гармонии его гимнов, созданных на чьи-либо чужие темы» (Дж.Сэмпсон, 2000). Игумен Илларион (Алфеев) в статье «В каждой музыке - Бах» («Независимая газета», 25.04.2001 г.) констатирует: «Бах не стремился быть оригинальным, не стремился во что бы то ни стало создать что-то новое. Всякий раз, садясь за новое сочинение, он, прежде всего, проигрывал для себя сочинения других композиторов, из которых черпал вдохновение» (Илларион, 2001). А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) показывает, на чем основывалась творческая сила немецкого композитора: «Вообще, рукописные копии Баха – одно из прекраснейших свидетельств его скромности. Даже в то время, когда он уже давно перестал рщущать себя чьим-либо

учеником, он продолжал переписывать Палестрину, Фрескобальди, Лотти, Кальдару, Людвига и Бернгарда Баха, Телемана, Кайзера, Гриньи, Дюпара и многих других. Иногда удивляешься: куда девалось критическое чутье переписчика, когда он снимал для себя эти копии? Кажется непонятным: что заставляло его переписывать целые кантаты Телемана? Но ведь это были признанные всеми мастера...» (Швейцер, 1965, с.114). Далее А.Швейцер дает объяснение склонности Баха к использованию и переложению чужих музыкальных произведений: «Если же Бах, чья способность к изобретению почти безгранична, интересовался такими переложениями, то это связано с тем, что он искал, где только мог, какого-либо толчка извне для возбуждения творческого импульса, причем так было не только в юности, но и в зрелые годы. Он любил чужую музыку, почти не отдавая себе отчета в ее достоинствах, только потому, что она активизировала его художественную фантазию, иногда он просто нуждался в этом. Его современник лейпцигский магистр Пичель сообщает, что, прежде чем начать импровизацию, Бах в виде вступления играл с листа любое чужое произведение, как будто ему надо было искусственно привести в движение механизм своего изобретательского дара. Это было всем известно» (там же, с.143).

**16) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах разработал систему орнаментики мелодий (украшения мелодий различными сочетаниями звуков) по аналогии с системой орнаментики французского композитора Жана-Анри Д'Англебера (1628-1691). А.Майкапар в статье «Музыкальная интерпретация: проблемы психологии, этики и эстетики» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 2, 2000) аргументирует: «Известно, что Бах многое заимствовал из французской клавесинной практики, в частности, систему орнаментики (во всяком случае, в своей клавирной музыке; расшифровка его таблицы «манер» обнаруживает прямые связи с Д'Англебером)» (А.Майкапар, 2000). Об этом же А.Майкапар повествует в статье «Рококо в музыке» (газета «Искусство», № 1, 2005): «Даже Бах, сравнения с которым не мог выдержать ни один из его современников, в сфере орнаментики опирался на достижения французских композиторов. Уже давно установлено, что баховская таблица расшифровки мелизмов (значков, которыми кодировались определенные мелодические обороты, украшавшие основные звуки мелодии) есть не что иное, как упрощенная таблица французского композитора Д'Англебера» (А.Майкапар, 2005).

**17) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах создал ряд замечательных клавирных произведений (произведений, исполненных на клавире) благодаря тому, что по аналогии заимствовал мелодии скрипичных концертов Вивальди, приспособив их для клавира. И.Белецкий в книге «Антонио Вивальди» (1975) пишет: «Творчество Вивальди оказало огромное влияние не только на современных ему итальянских композиторов, но и на музыкантов других национальностей, прежде всего, немецких. Здесь особенно интересно проследить влияние музыки Вивальди на И.С.Баха, величайшего немецкого композитора 1-й половины XVIII века. В первой биографии Баха, опубликованной в 1802 году, ее автор, Иоганн Николаус Форкель, выделил имя Вивальди среди мастеров, ставших предметом изучения для молодого Иоганна Себастьяна» (И.Белецкий, 1975). «...Бах вскоре, - повествует И.Белецкий, - почувствовал необходимость в некоем руководстве, которое привело бы в порядок его музыкальные мысли. «Таким руководством, - пишет Форкель, - ему послужили появившиеся тогда впервые скрипичные концерты Вивальди. Он слышал, что их часто превозносят как отличные музыкальные пьесы, и напал на счастливую мысль приспособить их все для клавира. Он изучил логику музыкальных мыслей, их взаимоотношение, смену модуляций и многое другое. Переработка мыслей и пассажей, приспособленных для скрипки, но не соответствующих особенностям клавира, научила его мыслить чисто музыкально...» (И.Белецкий, 1975). «Влияние, оказанное музыкой Вивальди на немецкого композитора, - подчеркивает И.Белецкий, - несомненно, было огромным. По словам А.Казеллы, «Бах – его величайший почитатель и вероятно единственный, кто в то время смог понять все величие гения этого музыканта». Усиление инструментально-виртуозного характера тематизма Баха в

кетенский период его творчества (1717-1723) непосредственно связано с изучением музыки Вивальди. Но его воздействие проявилось не только в усвоении и переработке отдельных выразительных приемов, - оно было значительно шире и глубже. Бах настолько органично воспринял стиль Вивальди, что он стал его собственным музыкальным языком. Внутренняя близость с музыкой Вивальди ощутима в самых различных произведениях Баха вплоть до его знаменитой «Высокой» мессы си минор» (И.Белецкий, 1975). Реконструкцию И.Белецкого дополняет и делает более весомой аргументация А.Швейцера, который в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) говорит о Бахе: «Несомненно, он извлек пользу у Вивальди. Он учился у него ясности и стройности построения. Благодаря итальянцам он освободился от влияния северных мастеров и их гениально растрепанной манеры. Подготавливается тот великий синтез между северным немецким искусством идей романским искусством форм, который, проходя самые разнообразные фазы в творчестве Баха, завершается, наконец, в органичных произведениях последнего периода...» (Швейцер, 1965, с.144). «У того же Вивальди, - раскрывает А.Швейцер истоки музыки Баха, - Бах научился совершенной скрипичной технике, основанной на певучести. Северное скрипичное искусство, которое он до этого знал, было во многом виртуознее и величавее, но оно не умело так использовать естественные, природные преимущества инструмента. Уже сам по себе интересен тот факт, что Бах перекладывает скрипичную музыку на клавир и орган, таким образом пытаясь перенести эффекты струнных инструментов на клавишные» (там же, с.144).

**18) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах создал многие свои органные произведения по аналогии с органными произведениями немецкого композитора Дитриха Букстехуде (1637-1707), игру которого на органе он неоднократно слушал в церкви святой Марии в городе Любек. И.Форкель в книге «О жизни, искусстве и произведениях Иоганна Себастьяна Баха» (Москва, издательство «Музыка», 1987) описывает период пребывания Баха в Арнштадте: «Здесь он с величайшим рвением принялся изучать сочинения тогдашних прославленных органистов – все, какие только можно было раздобыть; он использовал их как для повышения своего композиторского мастерства, так и для совершенствования в искусстве игры на органе. Чтобы удовлетворить свою любознательность, он даже совершил пешком путешествие в Любек, желая познакомиться там с игрой органиста церкви св.Марии Дитриха Букстехуде, чьи сочинения для органа ему уже были известны. Почти четверть года он тайком ото всех слушал игру этого в свое время очень знаменитого и поистине искусного органиста, а затем, обогащенный новыми знаниями, возвратился в Арнштадт» (И.Форкель, 1987). В.Галацкая в книге «Музыкальная литература зарубежных стран» (1978) отмечает: «Бах был взращен на хорах Пахельбеля, и некоторые его юношеские сочинения написаны в фугированной манере Пахельбеля. Однако самое сильное и непосредственное влияние на Баха оказал Букстехуде – музыкант с сильным музыкальным талантом. Яркий драматизм его свободных композиций-фантазий, токкат, удачное сочетание смелой поэтической мысли с умелой разработкой органных форм, тяготение к монументальности стиля – все эти черты предвещают органной стиль самого Иоганна Себастьяна» (Галацкая, 1978, с.97). Е.М.Браудо в книге «Всеобщая история музыки» (1930) указывает: «С кантатами Букстехуде, несомненно, имевшими на него очень сильное влияние, Бах познакомился в 1703 году во время своего пребывания в Любеке, где Букстехуде был органистом церкви Св.Марии и устраивал в определенные дни недели духовные концерты, на которых исполнял свои кантаты» (Браудо, 1930, с.65). А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) констатирует: «Сохранилось около двенадцати прелюдий и фуг, в которых Бах предстает гениальным учеником Фрескобальди и Букстехуде. В этих произведениях снова оживает период «бури и натиска» раннего органного искусства» (Швейцер, 1965, с.196).

**19) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** У И.С.Баха найдены произведения, созданные по аналогии с органными сочинениями немецкого композитора Иоганна Адама Рейнкена, то есть в основе отдельных творений Баха лежат мелодии этого музыканта или вариации на тему

этих мелодий. Янош Хаммершлаг в книге «Если бы Бах вел дневник...» (Будапешт, «Корвина», 1963) указывает: «Во время каникул Себастьян несколько раз ходил пешком через Люнебургскую степь в Гамбург, расположенный в сорока пяти километрах, чтобы послушать игру Иоганна Адама Рейнкена, старика органиста церкви св. Каталины» (Хаммершлаг, 1963, с.7). Е.М.Браудо в книге «Всеобщая история музыки» (1930) говорит: «В Люнебурге Бах испытал значительное влияние органиста местной церкви Св.Иоанна Георга Бела (1661-1783), выдающегося мастера, виртуоза игры на этом инструменте и, вероятно, благодаря последнему познакомился с произведениями патриарха немецких органистов Адама Рейнкена (1623-1722), одного из крупнейших органистов своего времени, подвинувшего искусство органной игры на путь самостоятельного развития. Есть известие о том, что Бах дважды предпринимал путешествие в город Гамбург, чтобы услышать игру этого замечательного органиста» (Браудо, 1930, с.66-67). А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) пишет об истоках большой соль-минорной органной фуги Баха: «Кто бы мог подумать, что тема большой соль-минорной органной фуги заимствована у другого музыканта? Однако теперь, когда открыли «Hortus musicus» Рейнкена, известно, что гамбургский мастер своей темой возбудил творческую фантазию Баха. Интересующая нас тема находится в пятой сюите» (Швейцер, 1965, с.144).

**20) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах при сочинении ряда музыкальных вещей по аналогии заимствовал мелодические обороты таких музыкантов, как Джованни Палестрина (1525-1594), Джироламо Фрескобальди (1583-1643), Георг Телеман (1681-1767). Игумен Илларион (Алфеев) в статье «В каждой музыке - Бах» (сайт «Благовещение», 24.10.2002 г.) пишет: «Бах всегда считал себя учеником, а не учителем. В детстве и юности он при свече свечи втайне от родителей переписывал партитуры старых немецких мастеров, ходил пешком за много верст слушать игру знаменитого органиста Дитриха Букстехуде. Но и в зрелом возрасте он не переставал переписывать музыку Палестрины, Фрескобальди, Телемана, делал переложения музыки Вивальди и других итальянских композиторов, у которых в течение всей жизни смиренно учился композиторскому мастерству» (Илларион, 2002). «Он не боялся, - говорит Илларион о Бахе, - заимствовать у других темы, которые нередко ложились в основу его фуг, хоралов, мотетов, кантат и концертов. Бах ощущал себя не изолированным гением, возвышающимся над своими современниками, но прежде всего неотъемлемой составной частью великой музыкальной традиции, к которой принадлежал. И секрет потрясающей оригинальности, неповторимости, новизны его музыки – именно в том, что он не отказывался от прошлого, но опирался на опыт своих предшественников, к которым относился с благоговением» (Илларион, 2002). Следует отметить, что статья Иллариона «В каждой музыке - Бах» опубликована также в «Независимой газете» (25.04.2001 г.). О многочисленных аналогиях-ассимиляциях Баха пишет также А.М.Гиляров в статье «Мир барокко: музыка и экология» (журнал «Природа», 2006, № 7): «Все эти аллеманды, куранты, сарабанды, образующие отдельные части партит Иоганна Себастьяна Баха, не что иное, как переработанные, но узнаваемые старые европейские танцы – немецкого, французского или испанского происхождения. Композиторы того времени нередко цитировали большие куски сочинений своих предшественников и при этом вовсе не беспокоились о том, что их обвинят в плагиате. Они просто творили одну общую музыку, и ничего не было зазорного в использовании удачных находок собратьев по цеху» (А.М.Гиляров, 2006). Что касается влияния Г.Телемана на творчество И.С.Баха, то следует обратить внимание на следующую аналогию-ассимиляцию Баха: он обработал (переложил) для клавира телемановский скрипичный концерт (№ 14, g-moll). Владимир Рабей в книге «Георг Филипп Телеман» (1974) указывает: «Бах высоко ценил Телемана, переписывал и обрабатывал его произведения (в числе шестнадцати концертов Баха для клавира, представляющих собой обработки чужих произведений, имеется переложение телемановского скрипичного концерта (№ 14, g-moll), продолжал начатое им дело в лейпцигском Collegium musicum» (В.Рабей, 1974).

**21) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах создал одну из своих органных фуг путем заимствования двух небольших мелодий из трио-сонаты Арканджело Корелли h-moll. Т.Ливанова в 1-ом томе книги «История западноевропейской музыки до 1789 года» (Москва, 1983) пишет о трио-сонатах Корелли, послуживших образцом для Баха: «Не случайно Бах заимствовал из трио-сонаты Корелли h-moll две короткие темы Vivace для одной из своих органных фуг (BWV 579)» (Т.Ливанова, 1983). Об этом же Т.Ливанова сообщает и во 2-ом томе той же книги (Москва, «Музыка», 1982), добавляя, что И.С.Бах заимствовал не только у А.Корелли, но и у Дж.Легренци. Т.Ливанова пишет о Бахе: «Главное место среди его органных сочинений занимают прелюдии (фантазии, токкаты) – фуги как крупные формы и обработки хоралов как преимущественно мелкие формы. В числе ранних фуг Баха две написаны на заимствованные темы – Дж.Легренци (№ 574) и А.Корелли (№ 579)» (Ливанова, 1982, с.74). Реконструкцию Т.Ливановой дополняет и делает ее более достоверной А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965): «В дальнейшем не только совершенствуется органная техника Баха, но что важнее – музыкальное строение становится ясным и пластичным, чего Бах не мог встретить ни у Букстехуде, ни у Фрескобальди, а только у итальянских мастеров – Легренци, Корелли и Вивальди. В Германии тогда впервые познакомились с этими композиторами; Бах ревностно изучал их» (Швейцер, 1965, с.196). «...Через итальянцев, - подчеркивает А.Швейцер, - Бах освобождается от влияния Букстехуде, воскрешает и преобразует идеалы, которые воодушевляли немецкую органную музыку в течение двух поколений» (там же, с.197). В другом месте своей книги А.Швейцер раскрывает следующие аналогии-заимствования Баха: «Бывало и так, что Бах заимствовал только тему, разрабатывал же совершенно самостоятельно. Известно, что тема органной фуги c-moll (IV, № 6) взята у Легренци (1626-1690); тема небольшой фуги h-moll (IV, № 8) принадлежит Корелли (1653-1713). У Альбини (1674-1745) заимствованы темы двух клавирных фуг. Сейчас, конечно, трудно установить, сколько тем возникло у него под влиянием чужих идей. Во всяком случае их больше, чем это можно было предположить» (Швейцер, 1965, с.144).

**22) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах в процессе создания своего известного Итальянского концерта, утвердившего самостоятельное значение клавира как концертного инструмента, по аналогии перенес в данное произведение некоторые музыкальные идеи немецкого композитора и органиста Георга Муффата (1653-1704). А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) пишет об Итальянском концерте Баха, партитура которого впоследствии оказалась у немецкого гравера-оформителя Христофа Вейгеля: «Вторая часть «Клавирных упражнений», состоящая из Итальянского концерта и си-минорной партиты, появилась в 1735 году у Христофа Вейгеля в Нюрнберге. Даже Шейбе не мог не высказать своего восхищения Итальянским концертом. Любопытно, что на сочинение этой пьесы Баха вдохновила одна из «синфоний» Муффата из его «Florilegium primum» (1695). Родство мыслей слишком разительно, чтобы объяснить его простой случайностью» (Швейцер, 1965, с.234-235). Примечательно, что у Муффата заимствовал не только И.С.Бах, но и Г.Ф.Гендель. Ниже мы покажем, что Г.Ф.Гендель (1739), работая над музыкальным произведением – Одой на день святой Цецилии, по аналогии перенес в данное произведение инструментальное сопровождение из «Сочинений для клавесина» Георга Муффата. Желая подчеркнуть, что произведения И.С.Баха были плодом не интуиции, а колоссального труда, А.Швейцер в той же книге говорит: «...Большинство произведений из «Хорошо темперированного клавира» в своей окончательной форме явились результатом не внезапного гениального вдохновения, но плодом непрерывных усилий композитора воплотить в звуках задуманные им образы так, чтобы они полностью удовлетворили его» (там же, с.242).

**23) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах сочинил удивительное произведение «Гольберговские вариации» (1742) благодаря тому, что по аналогии заимствовал и переработал мелодию сарабанды «Когда бываешь ты со мною», которая была известна уже за

10 лет до указанного произведения немецкого композитора. Отметим, что сарабанда – это старинный испанский народный танец, который в 17-18 веках распространился в Западной Европе как бальный танец. А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) пишет: «Тема «Гольдберговских вариаций» взята из «Клавирной книжечки», сочиненной в 1725 году для Анны Магдалены Бах. Это сарабанда на мотив «Bist du bei mir» («Когда бываешь ты со мною»). Пьеса существовала уже десять лет, прежде чем Бах решил написать на нее вариации. Собственно говоря, это вариации не на тему, а преимущественно на ее басовую основу. Ею вдохновлена фантазия композитора, так что это, скорее всего, нечто вроде пассакальи, нежели вариации» (Швейцер, 1965, с.236).

**24) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** Некоторые музыковеды находят в произведениях И.С.Баха отражение музыкальных идей Франсуа Куперена. Я.Мильштейн в статье «Франсуа Куперен. Его время, творчество, трактат «Искусство игры на клавесине», которая является предисловием к книге Ф.Куперена «Искусство игры на клавесине» (Москва, «Музыка», 1973) пишет: «Определенные связи можно обнаружить между Купереном и Бахом. Последний, несомненно, знал некоторые органные и клавесинные произведения Куперена и мог оценить их по достоинству. Ибо хотя Бах и не выезжал за пределы своей родины, он достаточно хорошо был осведомлен об итальянской и французской музыке, и из французов его более всего привлекал Куперен. Ведь не случайно среди рукописей Баха были обнаружены копии ряда клавесинных пьес Куперена» (Я.Мильштейн, 1973). «...Одно из трио Куперена (из «Наций»), - поясняет Я.Мильштейн, - обработано Бахом в виде Арии F-dur для органа. Все это лишний раз свидетельствует о повышенном интересе Баха к творчеству Куперена. Использовал также Бах и достижения Куперена в технике украшений. Чтобы убедиться в этом, достаточно хотя бы сравнить таблицу украшений, содержащуюся в «Нотной тетради Вильгельма Фридемана Баха» с таблицей Куперена: сходство здесь не подлежит сомнению» (Я.Мильштейн, 1973). Здесь отметим, что Вильгельм Фридеман Бах – один из сыновей И.С.Баха, кому досталась часть музыкального наследия великого немецкого органиста. Далее Я.Мильштейн цитирует письмо Цельтера к Гете от 5 апреля 1827 года: «Старый Бах при всей своей оригинальности – сын своей страны и своего времени и не мог избежать влияния французов, особенно Куперена...».

**25) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах написал ряд клавирных концертов в результате заимствования и обработки музыки итальянского композитора Бенедетто Марчелло и немецкого музыканта Иоганна Эрнста Веймарского. А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) перечисляет клавирные концерты Баха и указывает пути их возникновения: «...Клавирный концерт № 3 – переложение концерта для гобоя венецианского композитора Бенедетто Марчелло (1686-1739); № 14 – обработка скрипичного концерта Телемана; № 11 и 16 ведут свое происхождение от скрипичных концертов герцога Иоганна Эрнста Веймарского, ученика Вальтера и друга Баха. Этот молодой вельможа, племянник царствующего герцога, умер в 1715 году во Франкфурте-на-Майне после долгой и тяжелой болезни, едва достигнув девятнадцати лет. Транскрипции Баха представляют собой «словно привет, который был им послан в вечность умершему другу» (Швейцер, 1965, с.141).

**26) Аналогия Иоганна Себастьяна Баха.** И.С.Бах при написании своей известной «Рождественской оратории» (1735) перенес в нее ряд мелодий, заимствованных из своих предыдущих кантат и мотетов. Т.Н.Ливанова во 2-ом томе книги «Музыкальная драматургия И.С.Баха и ее исторические связи» (Москва, 1980) пишет о «Рождественской оратории» Баха: «Всего в ней шестьдесят четыре номера; из них заимствованы восемнадцать. Между тем среди двадцати четырех номеров мессы h-moll девять самозаимствований (из кантат и мотета), но это не обращает на себя особого внимания: материал в значительной мере переработан Бахом, органически вошел в новый контекст и не нарушил общего величия гигантской композиции, ее цельности, ее концепционного образного смысла. В

Рождественской оратории заимствованы не отдельные фрагменты, вступающие в целое, а почти все определенные пласты композиции. Иными словами, здесь есть своя система заимствований: заимствуется все, что в данном случае не нуждается в эксперименте» (Т.Н.Ливанова, 1980).

**27) Аналогия Джузеппе Тартини.** Итальянский композитор Д.Тартини (1720) создал свой знаменитый вариационный цикл, по аналогии заимствовав и обработав в духе импровизации ряд музыкальных тем Арканджело Корелли (1653-1713). Евгения Кривицкая в статье «Апофеоз Корелли» (журнал «Старинная музыка», № 1 (15), 2002) пишет: «Очень часто на темы Корелли писали вариационные циклы. Самый грандиозный – это L'arte dell' arco («Искусство смычка») Дж.Тартини, знаменитый трактат по игре на скрипке, где в качестве музыкальной иллюстрации фигурирует цикл вариаций на тему Гавота из сонаты op.5 № 10» (Е.Кривицкая, 2002).

**28) Аналогия Франсуа Куперена.** Французский композитор Ф.Куперен (1668-1733) создал многие из своих сонат по аналогии с сонатами А.Корелли. Евгения Кривицкая в статье «Апофеоз Корелли» (журнал «Старинная музыка», № 1 (15), 2002) повествует: «Куперен познакомился с сонатами Корелли еще в начале 1690-х годов, о чем свидетельствует известное «Предисловие к трио-сонатам «Нации» (1714). В нем, в частности, Куперен пишет, что «очарованный сонатами Корелли, произведения которого я буду любить, пока жив (...), я решился сочинить сонату и предложил ее исполнить на концерте, подобном тому, на котором я слышал сонату Корелли» (Е.Кривицкая, 2002).

**29) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель (1713) написал музыку для своего сочинения «Утрехтское Jubilate» за счет того, что по аналогии перенес в него фрагменты музыки из своего же 112-го псалма «Laudate pueri», созданного в июле 1707 года. Некоторые фрагменты того же 112-го псалма Гендель перенес в ораторию «Иисус Навин», в часть «Glory ti God» (1747). И.Барна в книге «Если бы Гендель вел дневник...» (1972) пишет о музыкальном произведении Генделя – 112-ом псалме «Laudate pueri»: «Гендель вряд ли ценил это сочинение очень высоко – отдельные его фрагменты он использовал в более поздних своих произведениях. Так, вступительный хор он перенес в сочиненное в 1713 году «Утрехтское Jubilate», а материал заключительной доксологии использовал во втором действии написанной в 1747 году оратории «Иисус Навин», в части «Glory ti God» (И.Барна, 1972).

**30) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель (1715) написал музыку для одной из сцен оперы «Амадис» благодаря тому, что по аналогии перенес в нее музыкальные темы из своей оперы «Сулла» (1713). И.Барна в книге «Если бы Гендель вел дневник...» (1972) повествует о том, как Гендель создал музыку для оперы «Амадис»: «...Когда «Амадис» опять был включен в программу, в него вставили вновь написанную сцену, в интерпретации «Синьора Кавальеро Николино Гримальди и госпожи Робинсон». В действительности же музыка этой сцены не была новой – Гендель просто перенес в «Амадис» один дуэт из не исполнявшейся публично оперы «Сулла» (И.Барна, 1972). Об этом же И.Барна говорит в другом месте своей книги. Описывая период пребывания Генделя во владениях графа Берлингтона, И.Барна констатирует: «Гендель в это время, совершенно отойдя от дел, спокойно поживал в графских владениях Берлингтонов. Осенью 1714 года в графском придворном театре была впервые исполнена его опера «Сулла», музыку которой Гендель позднее использовал в «Амадисе» (И.Барна, 1972).

**31) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель в некоторые свои сочинения, в том числе в оперу «Амадис» (1715), включал мелодии, по аналогии заимствованные у английского композитора Генри Перселла (1659-1695). Об этом пишет Н.Зейфас в книге

«Concerto grosso в творчестве Генделя» (Москва, «Музыка», 1980). Правда, в данной книге Н.Зейфаса ошибочно указывается, что опера Генделя «Амадис» была написана в 1745 году. Итак, в названной книге Н.Зейфас отмечает: «По обычаю своего времени Гендель заимствовал у Перселла темы и острые ритмы английских танцев – так, уже в опере «Амадис» (1745) появляется вездесущий хорнпайп. Для немца, в совершенстве владевшего итальянским и французским языками (почти вся корреспонденция Генделя, за исключением его писем к родным, написана по-французски – на языке тогдашней передовой интеллигенции), но еще не успевшего постичь все тонкости английского, сочинения Перселла оказались и своеобразными *Locī topici*: они как бы подсказывали верное интонирование текста. И действительно, в утрехтском «*Te Deum*» Гендель воссоздает аффекты большинства арий и хоров по моделям Перселла» (Н.Зейфас, 1980). Поясним, что хорнпайп – это английский и шотландский танец, известный на протяжении 16-19 веков и взявший свое имя от старинного духового инструмента, который сопровождал этот танец. Кроме того, Г.Ф.Гендель по аналогии заимствовал у Г.Перселла и форму двухчастной сонаты. Ю.С.Бочаров в статье «Двухчастная соната: век восемнадцатый» (журнал «Старинная музыка», №№ 2-3 (20-21), 2003) констатирует: «То, что Гендель обратился к двухчастной сонате для открытия своих антемов, очевидно, не случайность. Здесь налицо преемственность с двухчастными вступительными инструментальными пьесами к антемам Генри Перселла, которые, как известно, служили Генделю своеобразным творческим ориентиром. Перселл, правда, называл свои выступления не сонатами, а симфониями» (Ю.С.Бочаров, 2003).

**32) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель во многих своих произведениях по аналогии использовал музыкальные темы из чужих сочинений, которые ему регулярно присылал Георг Телеман. В.Рабей в книге «Георг Филипп Телеман» (1974) пишет: «Будучи руководителем оперного театра в Гамбурге, Телеман осуществил постановку ряда генделевских опер (в своей редакции), чем немало способствовал пропаганде творчества великого мастера на его родине. Гендель присылал Телеману из Англии его любимые цветы. А Телеман снабжал Генделя... музыкальными темами, вошедшими в число знаменитых генделевских «плагиатов» (имеются в виду случаи заимствования Генделем тематического материала из чужих сочинений. Такого рода заимствования (без указания первоисточника) было довольно обычным явлением в композиторской практике той эпохи)» (В.Рабей, 1974).

**33) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель создал в виде фуги французскую увертюру к своему Четвертому концерту, по аналогии заимствовав мелодию для этой фуги из сборника Джона Плейфорда «Английская танцевальная музыка» (1651). Другое название этого сборника – «Английский танцевальный учитель». Дж.Плейфорд (1623-1686) с друзьями много ездил по стране и собирал фольклор. Сборник оказался очень популярен, и за ним последовало множество других. Н.Зейфас в книге «Concerto grosso в творчестве Генделя» (1980) пишет об указанной фуге Генделя: «Нетрадиционность решения этой фуги подсказана «озорным» характером самой темы: по мнению Ф.Гудзона, Гендель заимствовал ее из сборника Дж.Плейфорда «Английская танцевальная музыка» (1651)» (Н.Зейфас, 1980).

**34) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель писал свои псалмы (хвалебные молитвенные произведения), по аналогии перенося в них фактуру и оркестровку итальянских концертов. Н.Зейфас в книге «Concerto grosso в творчестве Генделя» (1980) указывает: «На музыкальные формы Генделя влияет итальянский концерт. Это можно наблюдать на примере псалма «Оказал господь», наброски которого Гендель, по мнению исследователей, привез с собой из Гамбурга. Многие полифонические разделы псалма пронизаны концертирующим развертыванием, многоголосая фактура по-кореллиевски прозрачна, оркестр выступает как полноправный партнер хора. А начальный хор написан в ритуальной форме таких масштабов, которые были вряд ли возможны до знакомства Генделя с итальянским сольным концертом – 138 тактов в умеренном темпе» (Н.Зейфас, 1980).

**35) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель (1739), работая над музыкальным произведением – Одой на день святой Цецилии, по аналогии перенес в данное произведение инструментальное сопровождение из «Сочинений для клавесина» немецкого композитора и органиста Георга Муффата (1653-1704). Борис Тараканов в статье «Георг Фредерик Гендель. Ода на день Св.Цецилии» (сайт «Архив музыкальных обзоров», 1998) пишет: «В 1739 году Гендель решил написать музыкальное приношение к ежегодному музыкальному празднику – дню Св.Цецилии, покровительницы музыки и музыкантов. Сказано – сделано! За восемь сентябрьских дней из-под пера маэстро вышло новое многочастное произведение на стихи известного английского поэта Джона Драйдена «Ода Божественной гармонии» (Б.Тараканов, 1998). «Не секрет, - продолжает Б.Тараканов, - что инструментальное сопровождение к речитативу и хору Гендель «позаимствовал» (скажем так...) из «Сочинений для клавесина» Г.Муффата, появившихся на пару месяцев раньше как приношение все той же Св.Цецилии. Впрочем, некоторые музыковеды говорят, что в эпоху Генделя такие выходки отнюдь не рассматривались как плагиат» (Б.Тараканов, 1998).

**36) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель в различных произведениях, в том числе самых зрелых, использовал музыкальные идеи своих предшественников Иоганна Фробергера (1616-1667), Иоганна Керля (1627-1693), Иоганна Пахельбеля (1653-1706). В.Галацкая в книге «Музыкальная литература зарубежных стран» (1978) указывает: «Под руководством Цахау Гендель изучает органную полифонию и импровизационный стиль немецких композиторов – Фробергера, Керля, Пахельбеля, приучается вслушиваться и вдумываться в творения национального искусства. По мнению знатока генделевской музыки Романа Роллана, влияние старых немецких мастеров можно обнаружить на страницах самых зрелых и известных произведений Генделя» (Галацкая, 1978, с.174).

**37) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель создал семь опер для лондонской публики (1730-1734), примечательных тем, что композитор использовал в них 49 арий, заимствованных из 15-ти опер немецкого музыканта Иоганна Адольфа Хассе (1699-1783). Юрий Бочаров в статье «Забытый классик XVIII века» (журнал «Старинная музыка», 1999, № 1) пишет о том, как Гендель использовал в своем творчестве музыку из произведений И.А.Хассе, с которым он, наверняка, встречался: «...Они могли встретиться в Неаполе после карнавального сезона 1729 года, когда Гендель приезжал прослушивать певцов для своего нового оперного предприятия и приобрел копии всех ранних опер Хассе. Кстати, не просто приобрел, но и тщательнейшим образом их изучил, свидетельством чего являются поставленные им в 1730-1734 годах в Лондоне 7 сборных оперных спектаклей (так называемых опер-пастиччо), в которых использовано 49 арий из 15 опер Хассе» (Ю.Бочаров, 1999).

**38) Аналогия Георга Фридриха Генделя.** Г.Ф.Гендель (1737) во время написания музыки для хора «Но его слава вечна» и хора «Его тело ушло на покой в могилу» заимствовал эту музыку из мотета чешского композитора XVI века Якоба Гуллуса (1550-1591). Эти хоры звучат в произведении Генделя «Погребальный антем» (1737), созданном на смерть королевы Великобритании Каролины. Другое название произведения – «Похоронный антем». Ромен Роллан считает Я.Гуллуса немецким композитором, но эта ошибка – только свидетельство того, что нельзя знать все обо всем. Р.Роллан в очерке «Портрет Генделя», который содержится в 3-ем томе собрания сочинений Р.Роллана «Музыкально-историческое наследие» (Москва, «Музыка», 1988) пишет о происхождении мелодии упомянутых хоров Генделя: «Мотив для них заимствован Генделем из мотета одного старого немецкого мастера XVI века, его однофамильца Хандля (Якоба Галлуса): «Esse quomodo montut justus». Простого изменения ритма было достаточно, чтобы придать крылья старому хоралу и создать из него

порыв экстаза, который вдруг прерывается от волнения, не в силах вылиться в словах» (Р.Роллан, 1988).

**39) Аналогия Франца Иосифа (Йозефа) Гайдна.** Ф.И.Гайдн находился во власти народных песен, которые он слышал на улицах Вены, поэтому многие его творения содержат мелодии этих песен. Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) повествует: «Под крышей, на холодном чердаке, где уютился Гайдн, на старом разбитом клавинофорте он изучал произведения прославленных композиторов. А народные песни! Сколько он их переслушал, бродя днем и ночью по улицам Вены. Тут и там звучали самые различные народные напевы: австрийские, венгерские, чешские, украинские, хорватские, тирольские. Поэтому произведения Гайдна пронизаны этими чудесными мелодиями, в большинстве своем веселыми и жизнерадостными» (Д.Самин, 2008). О том, что Ф.И.Гайдн во многих своих произведениях, в том числе симфонических, использовал песенный фольклор людей, населявших нижнюю Австрию, пишет Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930): «Несомненно, что Гайдн столько же опирается на немецкую школу, сколько на итальянских инструментальных композиторов, к которым он близок в отношении мелодическом. Но здесь нужно учесть то обстоятельство, что Гайдн, по-видимому, с детских лет проникся песнями тех полуславянских племен, которые населяют нижнюю Австрию. Этот народно-песенный элемент очень силен в его инструментальных композициях, особенно в финалах его симфоний» (Браудо, 1930, с.117). Что касается клавирных сонат Гайдна, то здесь он многое заимствовал из сонат одного из сыновей И.С.Баха – Эммануила Баха. А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) отмечает: «Трудно составить себе правильное представление о творческих достижениях сыновей Баха. Все время подвергаешься опасности то недооценить, то переоценить их. Велико значение Эммануила в развитии клавирной сонаты; Гайдн сам признавал, что изучение произведений Эммануила открыло ему совершенно новые пути» (Швейцер, 1965, с.161).

**40) Аналогия Франца Иосифа (Йозефа) Гайдна.** Ф.И.Гайдн (1780), работая над первой частью Симфонии № 63, по аналогии перенес в нее музыку увертюры из своей оперы «Лунный мир» (1777). Н.Баттерворт в книге «Гайдн» (1999) пишет об опере Гайдна «Лунный мир»: «Для свадьбы Николая Эстерхази, второго сына князя (князя с той же фамилией Эстерхази – Н.Н.Б.), и графини Марии Анны Вайссенвольф 3 августа 1777 года Гайдн написал еще одну «итальянскую» оперу «Лунный мир». Как и в «Аптекаре», ее либретто основано на истории Гальдони. Главный герой Буонафедде чересчур увлечен астрономией. Два ухажера его дочерей подшучивают над ним, заставив поверить, что он перенесся на Луну. (...) Увертюра к этой опере была позже использована в качестве первой части Симфонии № 63 (1777-1780)» (Н.Баттерворт, 1999).

**41) Аналогия Франца Иосифа (Йозефа) Гайдна.** Ф.И.Гайдн (1775) в процессе создания комической оперы «Неожиданная встреча» по аналогии перенес в нее одну турецкую мелодию, оставшуюся европейцам на память от господства турок над некоторыми частями Австро-Венгерской империи. Н.Баттерворт в книге «Гайдн» (1999) повествует: «К визиту эрцгерцога Фердинанда и эрцгерцогини Беатрисы д' Эсте в августе 1775 года он написал комическую оперу «Неожиданная встреча», где использовал одну турецкую мелодию, очень напоминающую ту, что позднее прозвучит в «Похищении из Сералия» Моцарта. В то время из памяти народа уже стирались воспоминания о господстве турок над некоторыми частями Австро-Венгерской империи, но зато все больше распространялась мода на турецкую музыку и искусство» (Н.Баттерворт, 1999).

**42) Аналогия Франца Иосифа (Йозефа) Гайдна.** Ф.И.Гайдн сочинил знаменитый гимн Австрии, когда по аналогии перенес в него одну из мелодий хорватского фольклора. Крис Цвиич в статье «Похищение Центральной Европы» (журнал «Вестник», № 23 (177), 24

октября 1997 г.) указывает: «Прославим нашего любимого кайзера» - так начинался величавый гимн габсбургской Австрии (еще не Австро-Венгрии), написанный Гайдном в 18-ом столетии. Музыкальную тему великий композитор заимствовал из хорватского фольклора. Значительно позже на основе этой плодотворной музыкальной идеи были созданы английский и немецкий национальные гимны...» (К.Цвиич, 1997).

**43) Аналогия Франца Йозефа (Йозефа) Гайдна.** Ф.И.Гайдн в процессе работы над своими пьесами для часов с органчиком по аналогии перенес в них мелодию русской народной песни «Камаринская». Бетховен написал фортепианные вариации на тему этой песни. Это как раз та «Камаринская», которую позже будут использовать известные русские композиторы Д.С.Бортнянский и М.И.Глинка. Л.В.Кириллина в статье «Schone Minka» и ее сестры» (сборник «Бортнянский и его время», материалы международной конференции, Москва, 2003, с.191-205) говорит: «Выделим лишь наиболее популярные песни, которые становились общим достоянием и фигурировали у многих авторов конца XVIII – первой трети XIX. Приоритет по старшинству принадлежит, вероятно, мелодии «Камаринской», которая стала известной в Европе задолго до появления симфонического шедевра М.И.Глинки. По-видимому, первый случай обработки этой мелодии вне России западными композиторами мы встречаем в одной из 32 пьес Й.Гайдна для часов с органчиком (Нов. XIX № 4). Из какого источника мог почерпнуть ее Гайдн в 1772 году, остается загадкой... Однако если учесть возможную ошибку в датировке гайдновской пьесы, то следует учесть сходство ее темы с вариантом, распространившимся в Вене позднее, после 1796 года. Именно тогда мелодия «Камаринской» стала своеобразным «шлягером» благодаря скрипачу и композитору хорватского происхождения Ивану (Яну, Джованни) Ярновичу, который с 1783 года периодически работал то в Петербурге, то в Москве; в балет П.Враницкого (а отсюда в фортепианные вариации Бетховена) эта тема попала именно как «Русский танец Ярновича». Сам Ярнович неоднократно использовал тему «Камаринской» - в частности, в финале своего скрипичного концерта № 7» (Л.В.Кириллина, 2003).

**44) Аналогия Кристофа Глюка.** К.Глюк в процессе сочинения оперы «Орфей и Эвридика» (1762) по аналогии перенес в нее мелодию сарабанды – печально-торжественного португальского танца. Б.Яворский в книге «Сюиты Баха для клавира» (Москва, «Классика-XXI», 2006) пишет: «Известная ре-минорная мелодия Глюка из оперы «Орфей» - танец тоскующей тени в подземном царстве мертвых – представляет собой сарабанду, и мелодия в ней поручена флейте. В сарабандах Баха мелодия часто носит ясно выраженный флейтовый характер. Иногда сарабанда сопровождалась пением. Родиной такой танцевальной сарабанды считалась Севилья. Сарабанда долго, до начала XIX столетия, оставалась выражением элегического, печально-торжественного и даже зловеще-гнетущего...» (Яворский, 2006, с.43).

**45) Аналогия Кристофа Глюка.** К.Глюк, создавая оперу «Ифигения» (1774, 1779), по аналогии перенес в нее, а именно в увертюру к ней мелодию из одной арии Франческо Фео (1685-1740). Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (Москва, «Музыкальный сектор», 1930) повествует: «Франческо Фео (1685-1740), в свое время весьма ценный как композитор светский и духовный, был, впрочем, вскоре после своей смерти забыт. Существует предание, что Глюк заимствовал начало увертюры «Ифигении» из одной арии Фео» (Браудо, 1930, с.32).

**46) Аналогия Джованни Паизиелло.** Итальянский композитор Д.Паизиелло при работе над своей оперой «Прекрасная мельничиха» (1788) по аналогии перенес в нее мелодию русского городского романса, которая ему очень понравилась. А.Майкапар в статье «Бетховен, Паизиелло и... русская песня» (газета «Искусство», № 9 (225), май 2001) пишет: «Достаточно сказать, что Россини в финале «Севильского цирюльника» использовал мелодию песни «Ой, на горке, на горочке...» И вот, оказывается, задолго до Россини идея воспользоваться

красивой русской песней возникла у Паизиелло. Опера, в которую композитор ввел полюбившуюся ему мелодию, существует в двух редакциях: ранняя (1788) – «Любовь с препятствиями, или Маленькая мельничиха» и поздняя (1789) – «Мельничиха» (А.Майкапар, 2001). Следует заметить, что до А.Майкапара никто из музыковедов не знал об этом факте ассимиляции композитором Паизиелло мелодии русского городского романса. Об этой же аналогии-ассимиляции Паизиелло говорит Владимир Кадулин в статье «Три сенсации Майкапара» (газета «Трибуна», 15 января 2001 г.) констатирует: «Итальянский композитор Джованни Паизиелло в конце XVIII века в течение нескольких лет жил и работал в Петербурге в качестве придворного композитора. Там он написал оперу «Прекрасная мельничиха», положив в основу одной из арий популярный в те годы в Северной Пальмире русский городской романс. Опера Паизиелло шла на сценах Петербурга и Парижа» (В.Кадулин, 2001).

**47) Аналогия Вольфганга Моцарта.** Одиннадцатилетний В.Моцарт в процессе работы над своей Симфонией фа мажор (1767) перенес в нее мелодию французского танца гавота, взятую из оперы-балета французского композитора Жана-Филиппа Рамо. Марсель Брион в книге «Моцарт» (Москва, «Молодая гвардия», 2007) приводит слова одного из первых биографов Моцарта Сен-Фуа, который описывает историю его Симфонии фа мажор: «И финал, основной сюжет которого явно происходит от знаменитого французского танца гавота из Храма Славы Рамо, также является его капитальной удачей, по своему значению, по меньшей мере, равной удаче первой части...» (М.Брион, 2007).

**48) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт, испытавший на себе сильное влияние Гайдна, создал свои первые квартеты по аналогии с квартетами Гайдна. Чарльз Розен в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002), повествуя о достижениях Брамса, одновременно описывает так называемые заимствования Моцарта и других композиторов: «Заимствованиями пользовались и другие композиторы. Ими пользуются почти все молодые, пока не обретут собственный голос. Шестнадцатилетний Моцарт подражал квартетам Гайдна («который научил меня писать») и посвятил ему шесть квартетов; но в дальнейшем нашел собственные формы. Бетховен однажды написал квартет в подражание моцартовскому (соч.18 # 5) – возможно, хотел доказать, что способен написать имитацию не хуже, чем оригинальное произведение. Шуберт в нескольких сочинениях близко следовал за Моцартом и за Бетховеном» (Ч.Розен, 2002). Правда, здесь Ч.Розен ошибается: аналогиями-ассимиляциями, то есть заимствованиями, пользуются не только молодые, еще не сформировавшиеся музыканты, но и вполне зрелые композиторы, о чем мы узнаем из дальнейшего рассмотрения исторических фактов. Говоря о том, что Моцарт многое заимствовал у Гайдна, поскольку в подражательном смысле был привязан к нему, Марсель Брион в книге «Моцарт» (Москва, 2007) говорит о квартетах Моцарта: «Из этой привязанности Моцарта к Гайдну родились все Шесть струнных квартетов, написанные между 1783 и 1785 годами и посвященные дороговому другу. По форме они схожи с «русскими квартетами», которые только что опубликовал Гайдн, в них слышится совершенно новый акцент» (М.Брион, 2007).

**49) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт сочинил свои первые две симфонии благодаря тому, что по аналогии заимствовал музыкальные приемы, которые мы находим в произведении Гайдна – Симфонии № 39 соль минор (1768). Н.Баттерворт в книге «Гайдн» (1999) пишет о влиянии Симфонии Гайдна на музыкальное творчество Моцарта: «Симфония № 39 соль минор (1768) полна той же трагической мощи, которую мы находим в первых двух симфониях Моцарта (№ 25, К.183), написанных в той же тональности пятью годами позже, возможно, в подражание Гайдну. Интересно, что Гайдн использовал четыре валторны, две со звукояром в си-бемоль мажоре и две – в соль мажоре, так что им были доступны все ступени соль минора, и они могли исполнять арпеджио в этой тональности. В своей Симфонии № 25

Моцарт подобным же образом задействовал четыре валторны, не столько для того, чтобы их было лучше слышно, сколько для того, чтобы преодолеть ограничения, накладываемые природой инструмента...» (Баттерворт, 1999). Марсель Брион в книге «Моцарт» (Москва, 2007) подчеркивает: «Творчество Моцарта настолько проистекает от Гайдна, что некоторые из юношеских сочинений Вольфганга могли бы сойти за подражания Гайдну, если бы само слово «подражание» не было абсурдным в применении к такому оригинальному и такому стихийно самобытному мастеру, как Моцарт. Однако совершенно естественно, что этот отпечаток был довольно глубоким: не отдавая себе в этом отчета, Моцарт заимствовал некоторые формы Гайдна лишь потому, что они отвечали его темпераменту и вдохновению минуты. Заметим, что в эту эпоху было характерно безразличие к требованию оригинальности любой ценой и что даже прямое подражание не считалось преступлением» (М.Брион, 2007).

**50) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт в процессе своего становления в качестве композитора перенял определенные музыкальные приемы и идеи у Иоганна Себастьяна Баха и его сына Эммануила Баха. Несмотря на то, что подлинное обращение к произведениям И.С.Баха началось лишь после того, как Ф.Мендельсон исполнил его почти забытые «Страсти по Матфею», некоторые вещи великого немецкого органиста все-таки были известны Моцарту. Я.Хаммершлаг в книге «Если бы Бах вел дневник...» (Будапешт, «Корвина», 1963) повествует: «Моцарт получил возможность познакомиться с искусством Баха у барона ванн Свитена. Он писал: «Каждое воскресенье я хожу к барону ванн Свитену; мы играем там исключительно только Генделя и Баха. Сейчас я как раз составляю себе коллекцию из фуг Баха, причем в нее входят произведения как Себастьяна, так и Эммануила и Фридеманна» (Хаммершлаг, 1963, с.41). Ярким примером влияния творений И.С.Баха является случай, когда Моцарт случайно услышал пение хора на музыку И.С.Баха и был настолько поражен этой музыкой, что сразу увидел в ней то, чему можно поучиться (увидел образец для подражания). Я.Хаммершлаг в книге «Если бы Бах вел дневник...» цитирует Рохлица, который как раз описывает этот случай: «Но едва хор пропел первый такт, как он (Моцарт – Н.Н.Б.) взглянул вверх, потрясенный; еще несколько тактов – и он закричал: «Что это такое?» Как будто вся его душа сосредоточилась в слухе. Когда хор умолк, он с радостью воскликнул: «Это опять что-то такое, на чем можно учиться!» Ему рассказали, что в школе, где Себастьян Бах был кантором, еще хранят и берегут, как святыню, полное собрание его мотетов. «Очень правильно! Вот славно! – закричал он. – Покажите-ка мне их!» Так как партитуры этих песен не было, он попросил дать ему выписанные отдельные голоса» (Хаммершлаг, 1963, с.41). А вот что нам сообщает С.Морозов в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1975): «Молодой Моцарт имел у себя ноты баховских сочинений. Исследователь творчества Моцарта Сен-Фуа приводит сведения о переложении Моцартом нескольких фуг Баха из «Хорошо темперированного клавира» для струнного квартета. Сен-Фуа пишет о благоговейном отношении Моцарта к Баху – автору фуг» (Морозов, 1975, с.60). Ему вторит Дмитрий Горбатов в статье «Еще раз о величии Баха» (альманах «Лебедь», № 410, 23 января 2005 г.): «Величие Баха – в том, что любое прикосновение к нему так или иначе изменяет музыкальную реальность. Сногсшибательные контрапункты Моцарта – прямое влияние Баха, которого тот изучал самым подробнейшим образом» (Д.Горбатов, 2005).

**51) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт (1781) в ходе работы над своей оперой «Идоменей, царь Критский» использовал музыкальные идеи К.Глюка. А.Н.Серов в книге «Русалка. Опера А.С.Даргомыжского» (Москва, государственное музыкальное издательство, 1953) указывает: «Моцарт был воспитан «преимущественно» на итальянской музыке (времен Гассе, Йомелли), но слышал оперы Глюка. Стиль этих опер открыл гениальному молодому музыканту совершенно новые стороны искусства, и он прямо подражал Глюку в своем «Идомеене», также во многих «серьезных» местах «Дон Жуана» и «Волшебной флейты» (Серов, 1953, с.38).

**52) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт (1781), создавая свою знаменитую оперу «Похищение из Серая», по аналогии перенес в нее несколько турецких мелодий. Музыковеды полагают, что эти мотивы Моцарт заимствовал из сборника турецких мелодий, составленного Дмитрием Кантемиром (1673-1723), одним из первых правителей Молдавии, членом Берлинской Академии, советником Петра Первого. Примечательно, что в годы своей молодости Д.Кантемир длительное время жил в Стамбуле и хорошо изучил музыку Османской империи. Юлия Семенова в статье «Путешествие из Кишинева в Стамбул» (республиканская газета «Независимая Молдова», № 74 от 28.08.2009 г.) указывает: «Считается, что великий Моцарт в опере «Похищение из Серая» использовал несколько турецких мелодий, записанных Кантемиром» (Ю.Семенова, 2009). Елена Чайковская в статье «Юбилейный год имени Дмитрия Кантемира» (молдавская газета «Русское слово», № 10 от 15.06.2007 г.) приводит слова А.Н.Камыниной: «Мало кто знает о том, что несколько восточных мелодий, сочиненных Кантемиром, использовал в своих сочинениях Моцарт» (Е.Чайковская, 2007). Т.Селянинова в статье «История рода Кантемир» (сайт «Гелиополис – город Солнца», 25.01.2005 г.) указывает: «Между прочим: Дмитрий Кантемир открыл первую музыкальную школу в Стамбуле и ввел в музыкальную культуру Османской империи нотную грамоту. Несколько восточных мелодий, записанных (сочиненных?) Кантемиром, использовал в своих произведениях Моцарт!» (Т.Селянинова, 2005).

**53) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт (1781) при написании оперы «Похищение из Серая» использовал некоторые музыкальные идеи и приемы крупных представителей французской комической оперы (Дуни, Монсиньи, Гретри). Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) сообщает: «Вполне естественно, что не окрепнув еще достаточно, Моцарт воспитывал себя на примерах лучших итальянских композиторов своего времени (Леонардо Винчи, Махо, Траэтта и др.). Дальнейшее влияние оказала на него французская комическая опера (Дуни, Монсиньи, Гретри). Следы этого влияния мы можем заметить не только на юношеских операх Моцарта, но и на таком совершенно самостоятельном произведении, как «Похищение из Серая» (Браудо, 1930, с.125). Весьма интересно высказывание И.Векслера, который в статье «Еврейское мышление Густава Малера» (журнал «Лехаим», № 4 (180), апрель 2007 г.) подчеркивает: «До конца XVIII века у музыкантов вообще не стоял вопрос о музыкальном приоритете. Так, Гендель преспокойно пользовался чужими темами, и доказано, что чуть ли не каждая тема Моцарта имеет аналог в музыке его времени» (И.Векслер, 2007).

**54) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт, изобретая музыку для своей оперы «Свадьба Фигаро» (1786), а также при работе над другими сочинениями, по аналогии использовал некоторые мелодии из оперы А.Сальери «Трактирщица» (1773). В статье «Зависть» (журнал «Знание-сила», № 1, 1999) Марио Корти констатирует: «Музыковед Леопольд Кантнер, с которым в холодный ноябрьский день 1996 года я беседовал в одной из аудиторий Венского университета, автор статьи «Сальери: соперник Моцарта или образец для подражания?», приводит несколько примеров из оперы Сальери «Трактирщица», которые – цитирую – «Моцарт использовал несколько раз, начиная со «Свадьбы Фигаро» (М.Корти, 1999). Необходимо отметить, что В.Моцарт использовал в опере «Свадьба Фигаро», а также в опере «Дон Джованни», более известной под названием «Дон Жуан» (1787), мелодии не только из «Трактирщицы» А.Сальери, но и других его опер: «Венецианская ярмарка» (1772), «Пещера Трофонио» (1785), «Трубочист» (1781). Марио Корти в книге «Сальери и Моцарт» (Санкт-Петербург, «Композитор», 2005) пишет о результатах исследований музыковеда Л.Кантнера: «Кантнер находит следы из опер Сальери «Венецианская ярмарка», «Трактирщица», «Пещера Трофонио» и «Трубочист» в операх Моцарта «Дон Джованни» и «Свадьба Фигаро» (Корти, 2005, с.58). В книге Дэвида Вейса «Убийство Моцарта» (1989) есть следующее замечание: «Видимо, Сальери никогда не верил, что Моцарт ни у кого не заимствует: если бы только

Сальери мог знать, откуда заимствует Моцарт, это облегчило бы жизнь и ему самому» (Вейс, 1989, с.62).

**55) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт написал увертюру (вступление) к опере «Дон Жуан» (1787) по аналогии с увертюрой к опере «Пещера Трофонио» (1785) Антонио Сальери. Значительное мелодическое сходство двух этих увертюр обнаружил все тот же историк музыки Леопольд Кантнер. В статье «Зависть» (журнал «Знание-сила», № 1, 1999) музыковед Джон Платов подчеркивает: «Профессор Кантнер указывает, что увертюра к опере Сальери «Пещера Трофонио» начинается медленным адажио в минорном ладу, очень мрачным и очень драматичным, и это совсем непривычно для оперы-буффа. Два года спустя Моцарт делает то же самое в «Дон Жуане», где увертюра начинается медленной и мрачной музыкой. Кантнер также замечает, что и в том, и в другом случае этот мотив увертюры повторяется в важных эпизодах оперы. Сальери делает это в «Трофонио», Моцарт – в «Дон Жуане» (Д.Платов, 1999). О том, какое влияние оказала на Моцарта музыка, содержащаяся в опере Сальери «Пещера Трофонио», пишет также Л.В.Кириллина в статье «Пасынок истории» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2000). В этой статье, произнося словосочетание «Пещера Трофонио» как «Пещера Трофония», она отмечает: «Музыкальный стиль «Пещеры Трофония» сочетает в себе непринужденный мелодизм итальянской оперы-буффа и язык австрийского волшебного зингшпиля, в котором к концу XVIII века отчетливо проявилась тяга к волшебным сюжетам, позволявшим расцвести песенный тематизм симфоническими красками. По-видимому, сам Моцарт мог почерпнуть из этой партитуры много ценного и поучительного для себя...» (Л.В.Кириллина, 2000). Кроме того, Моцарт по аналогии перенес в оперу «Дон Жуан» мелодию популярной неаполитанской песенки. Ч.Ломброзо в книге «Гениальность и помешательство» (Минск, «Поппури», 2000) описывает одну из ассоциаций Моцарта, которая свидетельствует о том, насколько полезно в нужный момент извлекать из памяти однажды услышанное или увиденное: «Моцарт при виде апельсина вспомнил народную неаполитанскую песенку, которую слышал пять лет тому назад, и тотчас же написал знаменитую кантату к опере «Дон Жуан» (Ч.Ломброзо, 2000).

**56) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт при создании оперы «Дон Жуан» (1787), кроме музыкальных идей Антонио Сальери, использовал также один из фрагментов оперной музыки итальянского композитора Джузеппе Сарти (1729-1802). В популярном справочнике «Творческие портреты композиторов» (редактор О.Гусева, 1990) отмечается: «В 1784 г. по приглашению Екатерины II Сарти прибыл в Россию. По дороге в Петербург, в Вене, он встретился с В.А.Моцартом, который внимательно познакомился с его сочинениями. Впоследствии Моцарт использовал одну из оперных тем Сарти в сцене бала «Дон Жуана». Со своей стороны, не оценив гения композитора или, может быть, испытывая тайную зависть к таланту Моцарта, Сарти год спустя опубликовал критическую статью о его квартетах» (О.Гусева, 1990).

**57) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт в опере «Свадьба Фигаро» (1786) использовал мелодии, по аналогии заимствованные из оперы Джованни Паизиелло «Севильский цирюльник» (1782). Музыковеды обнаружили в известной опере Моцарта не менее двух фрагментов музыки из произведения Паизиелло. В статье «Зависть» (журнал «Знание-сила», № 1, 1999) музыковед Джон Платов констатирует: «Можно привести целый ряд примеров связей между отрывками из Паизиелло и фрагментами из Моцарта. В «Свадьбе Фигаро» есть, по крайней мере, два фрагмента, которые тесно связаны с аналогичными ариями в опере Паизиелло «Севильский цирюльник», сочиненной в Санкт-Петербурге в 1782 году и пользовавшейся огромным успехом. Эта опера Паизиелло была написана до «Свадьбы Фигаро» и была очень популярна в Вене» (Д.Платов, 1999).

**58) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт создал многие вариационные циклы в результате того, что по аналогии заимствовал и преобразил на основе вариации мелодии австрийских и французских народных песен, а также отдельные музыкальные темы композиторов И.К.Фимера, Ж.П.Дюпора, К.В.Глюка, А.М.Гретри, Дж.Сарти, Дж.Паизиелло, А.Сальери. В.С.Рогожникова в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Моцарт в зеркале времени: текст в тексте» (Москва, 2008) констатирует: «Сам Моцарт является автором целого ряда вариационных циклов на заимствованные темы. Он цитировал известные австрийские и французские народные песни, менуэты И.К.Фимера и Ж.П.Дюпора, популярные темы К.В.Глюка, А.Э.М.Гретри, Дж.Сарти, а также законодателей венского оперного репертуара – Дж.Паизиелло и А.Сальери. По традиции некоторые вариации композитор импровизировал прямо на концерте и лишь позднее (иногда спустя несколько лет) записывал их» (Рогожникова, 2008, с.20). Г.Чичерин в книге «Моцарт» (Ленинград, «Музыка», 1971) перечисляет композиторов, чьи музыкальные идеи и находки использовал в своих произведениях Моцарт: «...Визева и Сен-Фуа доказали, что в Моцарта влились гораздо сильнее, чем думали прежде, французские влияния, не только влияние Глюка, которого Моцарт не считал французом, но и близких к французской жизни Гретри, Филидора, Монсиньи и музыки самого властителя дум Руссо – «Деревенский колдун», у Моцарта «Бастьян и Бастьенна»...(Чичерин, 1971, с.55). «Музыкальное влияние Глюка на Моцарта Аберт отмечает на всем протяжении творчества последнего, вплоть до «Волшебной флейты»... (там же, с.140).

**59) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт при работе над знаменитой оперой «Волшебная флейта» (1791) по аналогии перенес в нее мелодию одной из Сонат итальянского композитора Муцио Клементи (1782). Заимствование мелодии, с которым мы здесь встречаемся, представляет собой классический пример аналогии в области музыкального творчества, пример того, как работает мозг композитора, если у него нет достаточного времени на сочинение мелодии методом эксперимента, то есть методом проб и ошибок. Когда это время имеется, метод проб и ошибок находит самое широкое применение, в чем можно убедиться при изучении эскизов произведений Бетховена. О том, что соната М.Клементи по аналогии подсказала Моцарту одну из мелодий «Волшебной флейты», пишут многие специалисты. Борис Кушнер в статье «В защиту Антонио Сальери» (журнал «Вестник», № 18 (225) от 31 августа 1999 г.) указывает: «Небезынтересно, что тема Сонаты, которую тогда (в 1782 году – Н.Н.Б.) играл Клементи, через много лет подсознательно вернулась к Моцарту, обернувшись знаменитой фугой в увертюре к «Волшебной флейте» (Б.Кушнер, 1999). Поскольку Моцарт не очень высоко оценивал Клементи как композитора, музыковед Марио Корти акцентирует на этом внимание. В статье «Моцарт и Сальери Requiem» (журнал «Знание-сила», 1998, №№ 11-12) М.Корти констатирует: «Но, с одной стороны, Моцарт употребляет по отношению к Клементи презрительные эпитеты – «механик», «шарлатан», «итальяшка»..., а с другой – через несколько лет вспоминает о мотиве Клементи и использует его в «Волшебной флейте» (М.Корти, 1998). «Бетховен, к примеру, - продолжает М.Корти, - осознал значение Клементи и первые свои сонаты писал в его стиле. А вот Моцарт ни с того, ни с сего обзывает его механиком, шарлатаном, итальяшкой. И при этом... заимствует у него великий мотив» (М.Корти, 1998). В.М.Аллахвердов в книге «Методологическое путешествие по океану бессознательного» (2003) сообщает: «...В.А.Моцарт – это человек, композитор, гений, праздный повеса, великий труженик, вундеркинд, обладатель феноменальной музыкальной памяти, автор «Волшебной флейты», заимствовавший мелодию увертюры у М.Клементи...» (В.М.Аллахвердов, 2003). Г.Чичерин в книге «Моцарт» (Ленинград, «Музыка», 1971) с некоторой иронией, оправданность которой остается под вопросом, отмечает: «Начальная тема увертюры «Волшебной флейты» почти буквально заимствована из весьма ординарной, типично итальянской сонатинки Клементи...» (Чичерин, 1971, с.44).

**60) Аналогия Вольфганга Моцарта.** Одной из исходных посылок (одним из образцов) «Реквиема» Моцарта (1791) была аналогия с «Реквиемом» Михаила Гайдна. В статье «Моцарт и Сальери Requiem» (журнал «Знание-сила», 1998, №№ 11-12) Леопольд Кантнер говорит: «Стилистическая родословная моцартовского Реквиема довольно богатая. В частности, его образцом был Реквием в до миноре Михаила Гайдна (младшего брата более известного Йозефа Гайдна), сочиненный в 1771 году. Должен сразу сказать, что работа Моцарта намного выше, но, тем не менее, влияние очевидно» (Л.Кантнер, 1998).

**61) Аналогия Вольфганга Моцарта.** В.Моцарт сочинил мотет «Ave Verum» (1791) благодаря тому, что по аналогии использовал в нем музыкальные идеи Антонио Сальери, которого считают убийцей Моцарта без достаточных на то оснований. В статье «Моцарт и Сальери Requiem» (журнал «Знание-сила», 1998, №№ 11-12) Леопольд Кантнер отмечает: «В какой-то мере Сальери был эталоном музыки для Моцарта. Стилистически «Ave Verum» Моцарта полностью выпадает из обычного моцартовского стиля – мелодичность, простота. Откуда это? Исследователи Моцарта до сих пор не задумались над этим. Они только это хвалили. Сальери... выработал совершенно новый церковно-музыкальный стиль – простой и мелодичный. И этот простой, мелодичный церковно-музыкальный стиль, который есть у Сальери в его мессе от 1787 года, а позже появляется в его Реквиеме, во всех его церковных сочинениях (у Гайдна он тоже есть в «Священной мессе»), так вот стиль этот был позаимствован Моцартом в «Ave Verum» (Л.Кантнер, 1998).

**62) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен создал интересное музыкальное произведение «Вариации на тему Паизиелло» (1795), по аналогии заимствовав из оперы Д.Паизиелло «Прекрасная Мельничиха» (1788) мелодию, которую сам Паизиелло также по аналогии заимствовал из жанра русского городского романса того времени. Примечательно, что эта мелодия понравилась и Н.Паганини, который создал скрипичные вариации на тему русского романса. Обращает на себя внимание тот факт, что Бетховен и Паганини, ассимилируя указанную мелодию из оперы Паизиелло, не знали, откуда он сам ее взял. Мы уже отмечали, что все эти аналогии-ассимиляции открыл А.Майкапар. Владимир Кадулин в статье «Три сенсации Майкапара» (газета «Трибуна», 15 января 2001 г.) рассказывает: «Итальянский композитор Джованни Паизиелло в конце XVIII века в течение нескольких лет жил и работал в Петербурге в качестве придворного композитора. Там он написал оперу «Прекрасная мельничиха», положив в основу одной из арий популярный в те годы в Северной Пальмире русский городской романс. Опера Паизиелло шла на сценах Петербурга и Парижа. Услышанная Бетховеном красивая мелодия и вдохновила его на «Вариации на тему Паизиелло». Но тема оказалась русской песней, о чем, скорее всего, Бетховен не подозревал. Еще позже Майкапар обнаружил, что мотив русского городского романса звучит и в вариациях, теперь уже для скрипки, Николо Паганини. Из чего мы можем сделать вывод: «На толь, чтоб печали...» был, как бы мы сейчас сказали, настоящим европейским шлягером или хитом образца конца XVIII века» (В.Кадулин, 2001).

**63) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в некоторых своих сочинениях использовал музыкальные идеи И.С.Баха и В.А.Моцарта. Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988) пишет: «Характер заимствований, которые Бетховен делал у Баха и Моцарта, говорит о самом непосредственном его знакомстве с их музыкой. Разумеется, абсурдно считать такие заимствования плагиатом. Просто это был способ придать цитате из музыкальной пьесы почитаемого автора новое смысловое содержание в контексте своей собственной музыки. Великие шедевры не существуют в полном вакууме. Они – продукт непрерывного исторического развития музыки, созревания индивидуальности композитора» (Лайнсдорф, 1988, с.34). Примечательно, что Бетховен заимствовал начальную тему (мелодию) Героической симфонии (1804) из балета-пантомимы Моцарта «Безделушки» (1778). Э.Лайнсдорф в той же книге говорит об аналогии Бетховена, правда, стараясь немного

оттенить факт заимствования: «И если в балетной музыке Моцарта «Безделушки» мы можем обнаружить начальную тему Героической симфонии Бетховена, то сам по себе факт этот ничего нам не говорит, ибо данная тема не делает симфонию сколько-нибудь более значительной...» (там же, с.35). Создавая свою Героическую (Третью) симфонию, Бетховен также по аналогии опирался на симфонию Моцарта ми-бемоль мажор. Со слов Э.Лайнсдорфа, «учащийся лучше сумеет разглядеть нити преемственности, сравнив Героическую с симфонией Моцарта ми-бемоль мажор (К.543). Несмотря на отсутствие мелодического и тематического сходства, последняя могла послужить образцом для Бетховена. Некоторые основополагающие характеристики слишком одинаковы, чтобы это было результатом случайного совпадения. И тут, и там главная тональность – ми-бемоль мажор» (там же, с.35). Э.Лайнсдорф делает акцент на том, что Бетховен очень внимательно изучал творения Моцарта: «Факты, которые нам не сообщают – и которые помогли бы нам лучше понять историю музыки, - показывают, сколь пристально Бетховен изучал Моцарта, в том числе и оперы, заслужившие его «отрицательный» отзыв» (там же, с.37). Далее Э.Лайнсдорф отмечает, что на Бетховена оказала влияние музыка из оперы Моцарта «Так поступают все» (1789): «То, что Бетховен находился под впечатлением музыки «Так поступают все», можно с логической убедительностью доказать...» (там же, с.37).

**64) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен написал свои известные фортепианные сонаты, например, сонату № 5 (1797) и сонату № 8 – «Патетическую» (1799) по аналогии с лучшими сонатами В.Моцарта. В частности, некоторые авторы обнаруживают следы (мелодии) фортепианной сонаты до-минор Моцарта (1785) в указанных сонатах Бетховена. Т.В.Чередниченко во 2-ом томе курса лекций «Музыка в истории культуры» (Долгопрудный, 1994) пишет о сонате до-минор Моцарта: «Тема сонаты Моцарта послужила образцом для патетических тем Бетховена, в частности, - темы его Пятой фортепианной сонаты» (Чередниченко, 1994, с.97). Ирина Полянская в книге «Прохождение тени» (Москва, «Вагриус», 1999) словами персонажа своего романа в несколько саркастической форме дает понять, что Бетховен высоко ценил Моцарта и использовал его мелодии в своих произведениях: «Бетховен, - пожал плечами Коста с таким видом, точно его уязвили в чем-то личном. – В одной моцартовской сонате может разместиться пять Бетховенов, как на территории Сибири сколько-то там Бельгий... «Патетическую» твой Бетховен сдул с до-минорной сонаты Моцарта для клавесина, а уж как он поживился «Дон Жуаном» для своей Девятой...» (И.Полянская, 1999). Борис Кремнев в книге «Бетховен» (Москва, 1961) говорит о Первой сонате Бетховена: «Смятенная, полная тоски и отчаянного порыва главная тема Первой фортепианной сонаты – почти сколок с главной партии финала соль-минорной симфонии Моцарта. С того, чем Моцарт кончил, Бетховен начал» (Кремнев, 1961, с.30).

**65) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен (1798) создал один из известных вариационных циклов в результате того, что по аналогии заимствовал и обработал музыку из оперы Моцарта «Волшебная флейта» (1791). Этот цикл называется «12 вариаций на тему оперы «Волшебная флейта». Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988) отмечает: «Бегло просмотрев темы многих вариационных циклов Бетховена, мы обнаруживаем среди них и короткие мелодии из давно забытых оперетт, и темы из «Волшебной флейты» (Лайнсдорф, 1988, с.43). Э.Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (1968) говорит о произведениях Бетховена: «В *Andante cantabile* можно распознать благодатное влияние «Дон-Жуана», а в Рондо, возможно, и «Волшебной флейты»; впрочем, сам автор отрицал это. К этой же эпохе относятся и прелестные Вариации для фортепиано и виолончели на тему дуэта из «Волшебной флейты» (Э.Эррио, 1968).

**66) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен при работе над своей Первой симфонией (1800) использовал фрагменты музыки из 41-ой симфонии Моцарта, называемой «Юпитер», а также музыкальные идеи из оперы Моцарта «Свадьба Фигаро» (1786). Б.Кремнев в книге

«Бетховен» (Москва, 1961) пишет о Первой симфонии Бетховена: «Жизнерадостность, бьющее через край веселье, добродушный юмор, легкая и непринужденная грация так же, как в симфониях Гайдна, царят в Первой симфонии Бетховена. Композитор ничуть не скрывает своей приверженности старым классическим образцам. Больше того, он жирной чертой подчеркивает ее. В финале симфонии, как бы сотканном из веселой игры солнечных лучей, вдруг бойко и раскатисто звучат маршевые фанфары. Они удивительно близки трубным возгласам аккомпанемента арии «Мальчик резвый, кудрявый, влюбленный» из «Свадьбы Фигаро» Моцарта. Главная тема первой части симфонии разительно схожа с началом бессмертной Юпитерной симфонии Моцарта. Это совпадение не случайно» (Кремнев, 1961, с.37).

**67) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен, сочиняя музыку для балета «Творения Прометея» (1801) и для своей Третьей симфонии (1804), по аналогии перенес в эти произведения некоторые мелодии из своих контрдансов, написанных в 1798 году. А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (Ленинград, «Музыка», 1970) пишет: «Для ежегодного бала художников композиторам заказывались различные танцы. Каков бы ни был их успех, они, как правило, никогда больше не повторялись. А контрдансы Бетховена так понравились, что через 2 года были исполнены снова и в 1798 году изданы в переложении для фортепиано (оркестровая партитура появилась лишь много лет спустя после смерти композитора, в 1864 г.). Сам Бетховен тоже очень полюбил их несложную, но богатую скрытыми возможностями тему: 6 лет спустя он использовал ее в своем балете «Творения Прометея», еще через год – в вариациях для фортепиано, а в 1804 году – в финале знаменитой Героической симфонии» (А.Кенигсберг, 1970). Отметим, что контрданс – старинный английский народный танец. Не исключено, что танец берет свое начало от хороводов и шествий в честь праздника весны. Первые музыкальные обработки мелодий танца сделал Дж.Плейфорд в танцевальном сборнике «Английский танцевальный учитель» (1651). Мелодии контрдансов часто использовались композиторами как темы для вариаций.

**68) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен при создании своей знаменитой Сонаты № 21 (1804), называемой «Аврора», по аналогии перенес в нее мелодию немецкой народной песни «Дедушкин танец», которая была популярна в Германии на протяжении четырех столетий. А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (Ленинград, 1970) говорит о финале фортепианной сонаты № 21 Бетховена: «Финал грандиозен по масштабам. А между тем в основе его – простенький мотив непритязательной народной песни «Дедушкин танец», популярной в Германии на протяжении четырех веков. Позже Шуман в своих пьесах придаст ему юмористический и даже сатирический характер» (А.Кенигсберг, 1970).

**69) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен при работе на своей Третьей симфонией (1804), называемой Героической, по аналогии перенес в нее многие мелодии из своего же балета «Творения Прометея» (1801). Об этой аналогии Бетховена пишут многие историки музыки. Н.Фишман в статье «Ни одного дня без строчки» (журнал «Наука и жизнь», 1970, № 5) пишет: «...Финал Героической симфонии написан Бетховеном на музыкальную тему, заимствованную им из его же балета «Творения Прометея» (Н.Фишман, 1970). Далее Н.Фишман указывает, что музыка из балета «Творения Прометея» вошла не только в финальную часть Третьей симфонии Бетховена: «Однако сравнительный анализ эскизов, заключенных в разбираемой рукописи, показал, что с музыкальными темами балета «Творения Прометея» теснейшим образом связана не только главная тема финала симфонии, но и главная тема ее первой части. Более того, сопоставление эскизов Героической симфонии с эскизами балета, относящимися к 1800 году, позволило выяснить идейные мотивы, лежащие в основе этой общности» (Н.Фишман, 1970). «Не менее существенна, - поясняет Н.Фишман, - обнаруженная в эскизах музыкально-тематическая связь между знаменитым «Траурным маршем» Героической симфонии и сценой смерти Прометея, погибающего в балете от меча

ополчившейся против него мифической музы трагедии - Мельпомены» (Н.Фишман, 1970). Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шмагина в книге «Методика работы с учебниками «Музыка» (2002) также говорят о переносе музыки балета «Творения Прометея» в Третью (Героическую) симфонию: «...Рождается идея Третьей симфонии, и начинается душевный перелом, знаменующий возвращение Бетховена к жизни и творчеству. Произведение это отразило увлечение молодого композитора идеалами Французской революции и Наполеоном, который олицетворял в его сознании образ истинно народного героя. Недаром композитор использовал в финале симфонии тему своего балета «Творения Прометея», ведь персонаж знаменитого античного мифа Прометей тоже был его любимейшим героем» (Критская и др., 2002, с.143).

**70) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен (1806) создал два квартета, посвященных графу Разумовскому, благодаря тому, что по аналогии использовал в них мелодии русских народных песен «Слава на небе солнце высокому» и «Ах, талан ли мой талан таков». И.Андроников во 2-ом томе книги «Избранное в двух томах» (1975) пишет: «В двух квартетах Бетховена, которые он посвятил графу Разумовскому – русскому посланнику в Вене, звучат темы русских народных песен: «Слава на небе солнце высокому» и «Ах, талан ли мой талан таков». Убеденный в том, что искусство объединяет все человечество, Бетховен спустя десять лет принялся за составление сборника «Песни разных народов», которые он выпустил в сопровождении скрипки, виолончели и фортепиано» (Андроников, 1975, с.64). Об этом же, то есть об интересе Бетховена к славянским песням, повествует Игорь Бэлза в предисловии к книге Эдуарда Эррио «Жизнь Бетховена» (1968): «Именно этим интересом, а вовсе не «учтивостью к своему покровителю» объясняется и общеизвестный факт использования и мастерского развития Бетховеном взятых из сборника Прача мелодий русских народных песен, красоту и поэтичность которых он оценил с присущей ему чуткостью, так же, как красоту песен других славянских народов, в том числе и южнославянских, цитируемых в «Пасторальной симфонии» (И.Бэлза, 1968). Эквивалентную точку зрения по вопросу о данной аналогии Бетховена высказывает Б.Кремнев в книге «Бетховен» (1961): «Работая над квартетами Разумовского, он как бы заглянул в душу незнакомого народа. Песни, с которыми он познакомился по сборнику Львова-Прача, отражали красивую и светлую душу русских. Некоторые из этих напевов он дословно использовал в своем сочинении. В Седьмом квартете звучит веселая русская песня «Ах, талан мой, талан», Восьмой квартет украшает торжественная величальная «Слава» (Кремнев, 1961, с.77).

**71) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в процессе работы над своей Пятой симфонией, иначе называемой Симфонией до минор (1808), по аналогии перенес в нее музыку «Финала» из Симфонии соль минор Моцарта, то есть из его Симфонии № 40, которая относится к числу наиболее популярных произведений Моцарта и была завершена композитором в 1788 году. Об этой аналогии Бетховена пишет английский историк Робин Коллингвуд в книге «Принципы искусства» (Москва, 1999), а именно в главе XII «Искусство как язык», в § 7 «Сотрудничество между художниками». Говоря о людях, которые ошибочно считают, будто работа художника должна быть совершенно оригинальной, исключаящей заимствования у других творцов, Р.Коллингвуд аргументирует: «Их поражает то, что Гендель переписывал в свои работы целые такты из Арне, что «Скерцо» из Симфонии до минор Бетховена начинается воспроизведением «Финала» из Симфонии соль минор Моцарта, переведенным в другую тональность...» (Р.Коллингвуд, 1999). Далее Р.Коллингвуд высказывает мысли, с которыми можно согласиться лишь наполовину: «Пусть писатели, музыканты, живописцы обеими руками тянут все, что могут использовать, отовсюду, где это можно найти. И если кому-то не по душе, что у него крадут его драгоценные идеи, выход очень прост. Он может держать свои идеи при себе и никогда их не публиковать, и у публики, вероятно, будут все основания быть ему признательной» (Р.Коллингвуд, 1999). Отметим, что Арне, у которого заимствовал некоторые мелодии Гендель, есть не кто иной, как Томас

Августин Арне (1710-1778) – английский композитор, который считается наиболее крупным и влиятельным композитором после Генри Перселла.

**72) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен во время работы над своей Седьмой симфонией (1812) вплел в ее ткань большое количество народных танцевальных и песенных мелодий, обработанных для того, чтобы они образовали нечто единое целое. Б.Кремнев в книге «Бетховен» (Москва, 1961) пишет о Седьмой симфонии Бетховена: «Не случайно именно в этой симфонии Бетховен щедро использовал народную песню. Немецкие, австрийские, славянские, венгерские народные напевы и танцы, чудодейственно преображенные рукою гения, вошли в произведение и органически сплелись в его художественной ткани» (Кремнев, 1961, с.96). О том, что в Седьмую симфонию введены мелодии народных танцев, можно догадаться из следующего замечания Б.Кремнева: «Рихард Вагнер назвал Седьмую симфонию апофеозом танца. Большинство музыковедов приняло это утверждение на веру и до сей поры повторяет его. Между тем Вагнер прав лишь в одном – материал симфонии соткан из танцевальных мелодий и ритмов» (там же, с.95). Еще один намек на то, как была создана симфония № 7 Бетховена, дает Алексей Трифонов в статье «Эстонский дирижер добавил Бетховену скорости» (периодическое издание «Газета», 14.07.2009 г.), в которой автор пишет о дирижере Пааво Ярви: «В затейливо разнообразном финале маэстро представил настоящий шотландский танец, который Бетховен использовал при написании симфонии...» (А.Трифонов, 2009).

**73) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен (1810-1818) использовал в своих произведениях обработки не только славянских песен, но и песен других народов. Н.Л.Нагибина в диссертации на соискание ученой степени доктора психологических наук «Психологические типы личности: влияние на музыкальную деятельность и обучение музыке» (Москва, 2002) указывает: «Обработки шотландских песен были заказаны композитору неким английским издателем. Бетховен попросил выслать к музыке тексты. «Прошу прислать мне текст песен, ибо он необходим для выражения соответствующего настроения» (Нагибина, 2002, с.69). А.В.Сердюк и О.В.Уманец в книге «Пути развития украинского и зарубежного музыкального искусства» (Харьков, 2001) констатируют: «В начале XIX века в немецком и австрийском музыкальном искусстве активно формируются принципы романтической эстетики, в частности, глубокий интерес к фольклору. В творчестве Бетховена этого периода подобные тенденции отразились во внимании к жанру обработки народной песни. Он создает множество обработок шотландских, ирландских, уэльских песен, задумывает создание сборника «Песни различных народов». Музыкальные темы 7-й симфонии широко используют интонации и ритмы австрийского, славянского, венгерского фольклора в героическом преломлении. Концепция симфонии – движение от жанрово-бытовых образов к героическим» (А.В.Сердюк, О.В.Уманец, 2001). А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (1970) пишет о периоде увлечения Бетховена фольклором (1810-1818): «В эти годы Бетховен вообще большое внимание уделял песням, особенно народным. В частности, он с радостью принял предложение издателя Томсона из Эдинбурга обработать шотландские, ирландские и уэльские мелодии. Всего Бетховеном создано в течение 1810-1818 годов 120 таких обработок (среди них 2 популярные застольные – Шотландская и Ирландская). Кроме того, Бетховен на протяжении 1814-1816 годов обработал около 40 песен разных народов: английских, ирландских, шотландских, датских, шведских, тирольских, швейцарских, немецких, венгерских, итальянских, венецианских, испанских, португальских...» (А.Кенигсберг, 1970).

**74) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в процессе работы над оперой «Фиделио» (1805) по аналогии перенес в финал данного произведения мелодию своей траурной кантаты (1790), написанной на смерть австрийского императора Иосифа II. Борис Кремнев в книге «Бетховен» (Москва, 1961) повествует о кантате Бетховена: «В траурной кантате, написанной

на смерть Иосифа II, звучит светлая, проникнутая высоким гуманизмом мелодия. Она полностью будет использована в лучезарном финале «Фиделио», воспевающим верность высоким идеалам любви и человеколюбия» (Кремнев, 1961, с.17). Об этом же говорит Э.Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (Москва, 1959): «В кантате имеются не только эпизоды, с которыми мы впоследствии встретимся в «Фиделио», но и тема, чье второе рождение произойдет в финале Девятой симфонии» (Э.Эррио, 1959). Если давать общую характеристику опере Бетховена «Фиделио», то она создана по аналогии с оперой итальянского композитора Луиджи Керубини «Водовоз» (1801). Анри Радиге в электронной версии книги «Французские музыканты эпохи Великой французской революции» (Москва, 1934) указывает: «Уже теперь давно установлено, что в «Фиделио» Бетховен скорее идет по стопам Керубини, чем Моцарта. Отчасти это обусловлено самим текстом, который так же, как и текст «Водовоза», написанный тем же либреттистом, выдержан в стиле французской оперы с диалогом и изображает рядом с переживаниями мелкобуржуазной семьи напряженное драматическое действие и благороднейшие поступки. Кроме сходства в построении, общим в этих двух операх является применение мелодрамы и «мотива воспоминания». В эскизах к «Леоноре» Бетховен записал отрывок терцета из «Водовоза» (Радиге, 1934, с.53). Об этом же говорит А.Н.Серов в книге «Русалка. Опера А.С.Даргомыжского» (1953): «Опера Бетховена «Фиделио», без всякого сомнения, принадлежит к немецкой школе, составляет даже один из типов этой школы, между тем невозможно не видеть в этой опере большого влияния опер Керубини, которого именно за оперы Бетховен ставил чрезвычайно высоко. А Керубини уже никак не немец, и оперы его никак не немецкие...» (Серов, 1953, с.41).

**75) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в своей Сонате № 26, одна из частей которой названа «Прощание» (1809), использовал мелодию арии Флорестана из своей оперы «Фиделио» (1805). Эдуард Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (1968) пишет: «...Надо ли различать в жизни Бетховена периоды, или, как говорят, стили? Нам представляется это неверным, означая непонимание глубокого единства бетховенского гения. Внутренние связи объединяют все его творения. Начало арии Флорестана из «Фиделио» становится первой темой сонаты «Прощание» (Э.Эррио, 1968).

**76) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в процессе сочинения Седьмой симфонии (1812) использовал большое количество мелодий народных песен, обработанных композиционно. Б.Кремнев в книге «Бетховен» (1961), описывая эстетическое содержание данной симфонии Бетховена, отмечает: «Но жизнь и счастье неодолимы. Их бурным торжеством завершается Седьмая симфония. Прославляя жизнь, она неразрывно связана с народной жизнью. Не случайно именно в этой симфонии Бетховен щедро использовал народную песню. Немецкие, австрийские, славянские, венгерские народные напевы и танцы, чудодейственно преображенные рукою гения, вошли в произведение и органически сплелись в его художественной ткани» (Кремнев, 1961, с.96).

**77) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен в своей Восьмой симфонии (1812), а именно во второй части данного опуса, использовал с небольшой модификацией медленную часть симфонии № 101 Иосифа Гайдна под названием «Часы» (1794). А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (1970) говорит о Восьмой симфонии Бетховена: «II часть звучит как юмористическое подражание медленной части симфонии Гайдна, известной под названием «Часы» (в музыке ее передано неумолчное тикание маятника)» (А.Кенигсберг, 1970).

**78) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен во время работы над симфоническим произведением «Битва при Виттории» (1813) по аналогии включил в него мелодию английского гимна «Правь, Британия» и мотив французской песенки «Мальбрук в поход собрался». А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (1970) пишет о работе Бетховена над указанным симфоническим произведением: «Мельцель не только предложил Бетховену

заказ, но и точно обусловил план произведения, обозначил последовательность частей и характер их изложения и даже дал композитору барабанные марши и трубные сигналы. В основу двух первых частей были положены популярные мелодии: английский гимн «Правь, Британия», на который Бетховен любил импровизировать, и французская песенка «Мальбрук в поход собрался». В центре произведения была помещена картина битвы, за которой следовали «штурмовой марш» и «победная симфония» (А.Кенигсберг, 1970).

**79) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен (1816) создал музыкальное произведение, представляющее собой серию обработок народных песен, по аналогии заимствовав из украинского фольклора знаменитую песню «Ехал казак за Дунай». Мелодию этой песни Бетховен почерпнул из «Собрания русских песен» Ивана Прача, издававшегося в Петербурге в 1790, 1806 и 1815 годах. Об этом пишут многие музыковеды и журналисты. Так, например, М.Копица в статье «Что нового мы узнали о «Тарасе Бульбе» и казаке, ехавшем за Дунай» (газета «Зеркало недели», № 46 (319), 25 ноября – 1 декабря 2000 г.) указывает: «Конечно, такие факты, как использование Л.Бетховеном мелодии песни «Ихав козак за Дунай» и связи композитора с династией Разумовских или украинские темы в творчестве Моцарта и его сына... известны музыкальной общественности» (М.Копица, 2000). С.Крымский в статье «На протяжении веков Украина всегда была неотъемлемой частью Европы» (украинская газета «День», № 59 от 2 апреля 2004 г.) говорит: «Следует обратить внимание на распространение украинского фольклора – его в XVIII – XIX веках довольно неплохо знали в Европе. Любопытная деталь: Бетховен в «Вариациях для фортепиано» использовал мотивы знаменитой песни «Ехал казак за Дунай»... (С.Крымский, 2004). Н.Фишман в книге «Этюды и очерки по бетховениане» (1982) поясняет обстоятельства использования Бетховеном указанной мелодии: «Но как показали публикации многих бетховенских писем и исследования его музыкального архива, осуществленные на протяжении столетия, прошедшего после выступления Стасова в «Отечественных записках», Бетховен создал в 1815-1816 годах большую серию обработок народных песен, включающую, в отличие от его обработок уэльских, ирландских и шотландских песен, песни народов континентальной Европы. Эта серия, впервые увидевшая свет только в 1941 году, включала и украинскую песню (Air cosaque) «Ихав козак за Дунай», получившую широкое распространение в Германии и Австрии в вольном переводе поэта К.А.Тидге... Она, как правильно указывает В.Хесс, была «импортирована» в Вену русскими солдатами и казаками. Мелодию украинской песни, так же как и мелодии русских народных песен («Во лесочке комарочков много уродилось», «Ах, реченьки, реченьки» и «Как пошли наши подружки») Бетховен заимствовал из «Собрания русских песен» Ивана Прача, издававшегося в Петербурге в 1790, 1806 и 1815 годах. Бетховен познакомился с этим собранием не позднее 1806 года, в период сочинения струнных квартетов ор.59, посвященных А.К.Разумовскому» (Н.Фишман, 1982).

**80) Аналогия Людвиг Бетховена.** Л.Бетховен, сочиняя свою Девятую симфонию (1824), по аналогии перенес в нее отдельные мелодии, взятые из черновики своего вокального цикла «К далекой возлюбленной» (1815). Э.Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (1968) пишет: «Что же касается Девятой симфонии, то первую ее тему можно обнаружить среди черновики песен «К далекой возлюбленной»; в 1817 и 1818 годах количество этих набросков умножается» (Э.Эррио, 1968). Но главный перенос, ключевая аналогия, о которой хочется сказать, это перенос в Девятую симфонию мелодии из своей же Фантазии для фортепиано, хора и оркестра на текст К.Куфнера (1808). Любопытно отметить, что и в Фантазии эта мелодия появилась не на пустом месте: Бетховен заимствовал эту мелодию из своей юношеской песни на слова Бюргера «Взаимная любовь» (1794). А.Кенигсберг в книге «Людвиг ван Бетховен» (1970) пишет о мелодиях, которые Бетховен использовал в Девятой симфонии, написанной на текст Шиллера «Ода к радости»: «С другой стороны – мелодия, которую композитор счел достойной воплотить текст Шиллера, тоже зрела в его сознании десятилетиями, - слова и музыка словно упорно искали друг друга, чтобы встретиться,

наконец, в 1822 году. Первый вариант мелодии можно найти еще в юношеской песне Бетховена на слова Бюргера «Взаимная любовь», написанной в 1794 году. Затем она прозвучала в 1808 году в финале Фантазии для фортепиано, хора и оркестра на текст Куфнера, воспевающий торжество мира и радости» (А.Кенигсберг, 1970). Об этой же аналогии Бетховена, о транспонировании мелодии из Фантазии для фортепиано в Девятую симфонию говорит Б.Кремнев в книге «Бетховен» (1961): «Пятнадцать лет назад, создавая фантазию для фортепиано, хора и оркестра, он вместе со своим другом, поэтом Кристофором Куфнером, - автором текста, восславил высокое искусство, где «слово с музыкой сольются». И не случайно главная тема фантазии, сначала исполняемая солистом, а затем подхватываемая оркестром и хором, - родная сестра божественной темы радости Девятой симфонии» (Кремнев, 1961, с.114).

**81) Аналогия Джоаккино Россини.** Итальянский композитор Д.Россини (1816) при работе над оперой «Севильский цирюльник» по аналогии перенес в нее мелодию русской народной песни «Ах, зачем было огород городить», а также мелодию русской песни «Ты поди, моя коровушка, домой». Эти песни Д.Россини услышал, когда находился в гостях русских аристократических семейств, находившихся в Италии: Волконских, Опочининых. Об этой аналогии Д.Россини пишут многие авторы. Лилия Ковалева в статье «Его обнаружили в «Севильском цирюльнике» (газета «Молодежь Эстонии», 06.08.2007 г.) повествует о начале работы над постановкой «Севильского цирюльника» в Эстонии: «Прежде чем начать работу, как всегда, были проведены исторические исследования, и вдруг в опере итальянского композитора обнаружились... «русские корни». Дело в том, что Россини был постоянным и желанным гостем в домах русских аристократических семейств, проводивших зиму в Италии, - Волконских, Опочининых. А по случаю именин княгини Екатерины Голенищевой-Кутузовой, вдовы фельдмаршала, Россини подарил ей кантату, в которой использовал русскую народную песню: «Ах, зачем было огород городить, эх, на что было капустку садить». Ее мелодия и вошла затем в «Цирюльника», став одним из украшений финала оперы. Русский след идет и дальше. В партитуре Россини нашли мелодию плясовой песни: «Ты поди, моя коровушка, домой». Ее поет по-русски служанка донна Бартоло – одного из главных персонажей оперы» (Л.Ковалева, 2007). Об этом же говорит Иракий Андроников во 2-ом томе книги «Избранное в двух томах» (1975). И.Андроников отмечает, что в 1815 году Д.Россини посвятил Екатерине Ильиничне Кутузовой (вдове великого полководца) кантату, в которой использовал мелодию народной песни. Позже композитор перенес эту мелодию в свою знаменитую оперу. И.Андроников говорит о кантате: «Действующие лица кантаты – Аврора и Гений. Интересно, что в сцене появления Авроры звучит тема русской народной песни «Ах, зачем бы огород городить». (...) Но еще интереснее, что тему этой же песни Россини вскоре использовал в финале оперы «Севильский цирюльник». Думали ли вы когда-нибудь, что этот многоголосый финал знаменитой итальянской комической оперы, который сейчас зазвучит, вырос из русской народной песни?!» (Андроников, 1975, с.65).

**82) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини во время работы над своей оперой «Золушка» (1817) по аналогии включил в нее фрагменты музыки из своей же оперы «Газета» (1816). Кроме того, в новом произведении итальянского мастера встречаются элементы мелодий из его оперы «Севильский цирюльник» (1816). В статье «Золушка (опера Россини)» (электронная энциклопедия «Википедия») указывается: «Россини написал оперу на волне успеха «Севильского цирюльника» в течение трех месяцев. Он использовал для оперы увертюру из своей же оперы «Газета», которая к тому времени была уже популярна и исполнялась как самостоятельное произведение. Россини также использовал в опере некоторые материалы из «Севильского цирюльника» (энциклопедия «Википедия»).

**83) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини при создании увертюры к своей опере «Кир в Вавилоне» (1812) использовал музыку из предыдущей оперы «Счастливый обман» (1812).

О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) пишет об опере «Кир в Вавилоне»: «...За сколько же дней была сочинена эта опера? Приходится только удивляться. Правда, увертюру здесь пришлось заимствовать из предыдущей оперы «Счастливый обман». В Италии подобные переносы часто практиковались композиторами. Сжатые сроки позволяли делать такие самоцитирования» (О.В.Клюйкова, 1990).

**84) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини перенес в свою оперу «Случай делает вором, ли Перепутанные чемоданы» (1812) мелодию увертюры из своей же оперы «Пробный камень» (1812). О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) повествует: «В спешке Джоаккино даже не успел сочинить увертюру, которую пришлось позаимствовать из оперы «Пробный камень». Правда, к ней он сочинил «элегантную прелюдетту». И то хорошо! Ведь вся опера была написана за 11 дней» (О.В.Клюйкова, 1990).

**85) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини написал кантату «Святой союз» (1822), посвященную Торжественному Конгрессу Европейских Наций, проходившему в Вероне в 1822 году, благодаря тому, что заимствовал и комбинировал (объединил) музыку из своих предыдущих произведений. О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) указывает, что связь кантаты Россини с другими его произведениями не осталась незамеченной: «Необходимость заимствовать музыку из своих предшествующих произведений не прошла для Россини бесследно. За кантату «Святой союз» композитор должен был получить от Торговой палаты 100 луидоров золотом. Однако случайно узнав, что это не новое сочинение, а удачная комбинация из старых, купцы возмутились. Председатель палаты даже советовался с юристом, но последний подтвердил, что автор имеет право так поступать» (О.В.Клюйкова, 1990).

**86) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини в процессе работы над оперой «Моисей и фараон, или Переход через Красное море» (1827) перенес в нее музыку из своей оперы «Моисей в Египте» (1818), а также некоторые мелодии из оперы «Семирамида» (1823). О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) повествует о переносе музыкального материала «Моисей в Египте» в новую оперу Россини: «...Что касается музыки, то из прежнего «Моисея» в новую оперу «Моисей и фараон, или Переход через красное море» вошли только семь эпизодов, причем полностью переработанных. Несколько отрывков было заимствовано из других опер. Так, интродукция построена на фрагментах из «Семирамиды» (О.В.Клюйкова, 1990).

**87) Аналогия Джоаккино Россини.** При написании увертюры к опере «Танкред» (1813) Д.Россини использовал мелодию увертюры к своей опере «Пробный камень» (1812). О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) пишет о том, как композитор создавал оперу «Танкред» на героическую рыцарскую тему: «Как всегда, молодой маэстро спешил с созданием этой партитуры. И как обычно, не успел написать увертюру. Пришлось использовать увертюру от комической оперы «Пробный камень». Нет, это вовсе не означает безразличие к содержанию музыки. Наоборот, здесь проявляется роль широких обобщений» (О.В.Клюйкова, 1990).

**88) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини при создании оперы «Елизавета, королева Английская» (1815), а также при сочинении музыки для оперы «Севильский цирюльник» (1816) перенес в эти произведения фрагменты музыки из своей же оперы «Аврелиан в Пальмире» (1813). О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) говорит о тех частях оперы «Аврелиан в Пальмире», которые будут использоваться в дальнейшем: «Интересно рондо Арзаче из II действия. Его тема, а

именно – первые 8 тактов будут впоследствии использоваться композитором еще дважды: в каватине Елизаветы с хором в опере «Елизавета, королева Английская» и в арии Розины «Я так послушна» в «Севильском цирюльнике» (О.В.Клюйкова, 1990). Далее О.В.Клюйкова пишет о самой опере Россини «Аврелиан в Пальмире»: «Однако можно с уверенностью сказать, что это произведение явилось этапным на пути Россини к приобретению драматического опыта, очередным эскизом к будущим мастерским творениям композитора. Ведь недаром столь многие элементы этой оперы были впоследствии им использованы в других сочинениях» (О.В.Клюйкова, 1990). Определенное представление о творческом почерке Д.Россини можно получить из следующего высказывания Бориса Рублова, содержащегося в его статье «Рождение вокальных шедевров» (альманах «Заметки по еврейской истории», № 13 (116), август 2009 г.). «Он был, - пишет Б.Рублов о Д.Россини, - вечным пленником театров, спешил, создавая музыку, заимствовал отрывки из собственных, а иногда чужих произведений, что давало повод называть его партитуры «лоскутными одеялами» (Б.Рублов, 2009).

**89) Аналогия Джоаккино Россини.** Д.Россини, работая над оперой «Матильда ди Шабран» (1821), перенес в нее фрагменты музыки из своей оперы «Ричардо и Зораида» (1818). О.В.Клюйкова в книге «Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини» (1990) пишет о создании оперы «Матильда ди Шабран»: «И вот либретто на руках, а на его озвучивание осталось всего дней 20! Опять спешка! Поэтому-то и пришлось использовать ранее написанную музыку, в частности, отрывки из «Ричардо и Зораиды» (О.В.Клюйкова, 1990). Следует отметить, что Д.Россини при сочинении оперы «Вильгельм Телль» (1829) использовал в ней мелодию ранее созданной арии «Прощание с венцами» (1822). О.В.Клюйкова в той же книге пишет о прощальном банкете, который был организован в Вене для Д.Россини: «...В его честь был устроен пышный прощальный банкет, на котором благородные венцы преподнесли ему «скромный» подарок – 3500 дукатов на золотом подносе – в знак искреннего восхищения и преклонения перед талантом. Россини же сочинил арию «Прощание с венцами». Эта ария могла бы остаться незамеченной в потоке сочиненной маэстро музыки, если бы семь лет спустя не была использована в увертюре к «Вильгельму Теллю» (О.В.Клюйкова, 1990). Д.Россини также включил в оперу «Вильгельм Телль» мелодии, заимствованные из швейцарского фольклора. О.В.Клюйкова подчеркивает: «Надо сказать, что народные мелодии использовались и в операх французских предшественников Россини. Керубини, Гретри одними из первых обратились в опере к сокровищнице народного искусства. Но у них, как и у Обера в «Немой из Портичи», это были именно цитаты, которые не сливались с тканью оперного произведения. Органическое же слияние, естественное включение в общий контекст оперы, гибкое соединение с привычными средствами выразительности произошло именно у Россини. В этом был его новаторский подход к применению народных мелодий в опере. Композитор чутко уловил гармонические особенности, колористические и экспрессивные оттенки швейцарских мелодий. И квинтэссенцией воплощения народного начала в опере становится сцена на Рютли» (О.В.Клюйкова, 1990).

**90) Аналогия Гектора Берлиоза.** Французский композитор Г.Берлиоз создал одно из своих произведений в результате обработки «Ирландских мелодий» Томаса Мура. Это произошло после того, как Берлиоз влюбился в английскую оперную певицу Гэрриет (Гарриет) Смитсон, которая играла роль Офелии в пьесе «Ромео и Джульетта» во времена первых шагов Берлиоза как композитора. Теодор-Валенси в книге «Берлиоз» (1969) пишет: «Гэрриет и вправду его потрясла, он грезит ею. Ирландия, где родилась его Дульцинея (возлюбленная – Н.Н.Б.), пленила его и увлекла его настолько, что он вскоре переложил на музыку «Ирландские мелодии» Томаса Мура. Для него существуют только Ирландия и самое небесное создание из этой дальней страны! Да здравствует Ирландия и Офелия!» (Теодор-Валенси, 1969, с.20). Об этом же говорит И.И.Соллертинский в книге «Берлиоз» (1962), имея в виду время, когда

композитор встретился с Г.Смитсон: «В эти годы Берлиоз сочиняет лихорадочно много. Пишет «Восемь сцен из Фауста» Гете (в переводе Жерара де Нерваля) – костяк будущего «Осуждения Фауста». Пишет «Ирландские мелодии» на тексты Томаса Мура» (И.И.Соллертинский, 1962).

**91) Аналогия Гектора Берлиоза.** Г.Берлиоз в своей «Фантастической симфонии» (1830), а также в других симфонических произведениях использовал фрагменты (гармонические обороты) симфонии № 6 - «Пасторальной симфонии» Бетховена (1808). Речь идет об употреблении Берлиозом тех частей Пасторальной симфонии Бетховена, которые получили название «Сцена у ручья» и «Гроза». И.И.Соллертинский в книге «Берлиоз» (1962) пишет: «...Музыкальные пейзажи «Пасторальной симфонии» (кстати, наиболее описательной, «программной» у Бетховена) явственно проступают в соответствующих по изобразительной тематике частях симфоний Берлиоза. Это относится, прежде всего, к «Сцене у ручья» и «Грозе», сильно впечатлевшихся на «Фантастической» (да и не на одной только «Фантастической») симфонии» (И.И.Соллертинский, 1962).

**92) Аналогия Гектора Берлиоза.** Г.Берлиоз написал свой знаменитый «Реквием» (1837) по аналогии с кантатой Этьена-Николя Мегюля «Песнь 34 июля 1800 года». Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) повествует: «Вспомним, что и Мегюль создал для исполнения в Доме инвалидов «Песнь 34 июля 1800 года» для трех хоров и трех оркестров и нет необходимости подчеркивать, что эта песня была прототипом для грандиозного берлиозовского «Реквиема» (Браудо, 1930, с.211).

**93) Аналогия Гектора Берлиоза.** Г.Берлиоз в процессе работы над музыкой своей драматической легенды «Осуждение Фауста» (1846) перенес в нее мелодию старой студенческой песни «Гуадеамус» («Будем радоваться»). Примечательно, что эта студенческая песня не затерялась в веках, а передавалась из поколения в поколение. В 1781 году немецкий странствующий поэт К.Киндлебн записал ее, предварительно обработав. Простой, полный добродушного оптимизма мотив песни понравился не только Г.Берлиозу, но и Ф.Листу, который использовал его в своем фортепианном произведении «Юмореска» (1872).

**94) Аналогия Гектора Берлиоза.** Г.Берлиоз, помимо студенческой песни «Гуадеамус», по аналогии включил в свое произведение «Осуждение Фауста» (1846) мелодию «Ракоци-марша», авторство которого приписывают венгерскому скрипачу Яношу Бихари. И.И.Соллертинский в книге «Берлиоз» (1962) пишет о Берлиозе и его сочинении «Осуждение Фауста»: «Он не мыслит своего Фауста изолированно от того материального мира, который его окружает, он не исключает его из развития действия, авантюрного и стремительного. Он дает и превосходные музыкальные пейзажи – долины Венгрии (куда по прихоти Берлиоза перенесено действие первой части), лужаек и лесков на берегу Эльбы. Он вставляет в «Фауста» гениальный «Ракоци-марш», подъемный, зовущий к революционной борьбе» (И.И.Соллертинский, 1962). Леся Олийнык в статье «Фантастический мир Гектора Берлиоза» (газета «Зеркало недели», № 19 (444), 24-30 мая 2003 г.) пишет о Берлиозе: «Он первый оркестровал знаменитый «Ракоци-марш», открыв ему таким образом двери всех концертных залов. Этот марш стал музыкальным символом Весны народов Европы 1848 года, когда, возможно, впервые были высказаны идеи объединенной Европы в современном понимании» (Л.Олийнык, 2003). Об этом же говорит М.Ф.Мурьянов в книге «Пушкин и Германия» (Москва, ИМЛИ РАН, 1999): «Французы еще не знали, что их нашествие в Европу исторгло отзвук из другого цыганского сердца – скрипка венгерского цыгана Яноша Бихари уже пропела «Ракоци-марш» (1809), который Берлиоз впоследствии назвал «знаменитой, можно сказать, священной темой, заставлявшей в течение стольких лет биться венгерские сердца, опьяняя их энтузиазмом свободы и славы». В 1814 г. Бихари выступал с сольным концертом перед участниками Венского конгресса держав-победительниц» (М.Ф.Мурьянов, 1999).

**95) Аналогия Винченцо Беллини, Гаэтано Доницетти и Джоаккино Россини.** Итальянские композиторы В.Беллини, Г.Доницетти и Д.Россини во многих своих операх использовали мелодии итальянских народных песен, то есть фольклорный материал, который они подвергали обработке с помощью имевшихся в их распоряжении оркестровых средств. В.В.Успенский в книге «Глинка» (Ленинград, 1950) дает следующее описание источников музыкального творчества этих мастеров: «Так музыкален и одарен итальянский народ, что и певцы и, пожалуй, лучшие сочинители опер, не столько сами творили, сколько перенимали свои мелодии и свое исполнительское искусство у толпы, довольствуясь самой легкой и неглубокой разработкой подхваченной интонации или темы. Казалось, что в этой стране от композитора требуется не личное дарование и не оригинальный талант, а простая отзывчивость, то есть умение подслушать и подхватить на лету то, что звучит, что поется в народе. Беллини, Россини и Доницетти в равной степени почерпнули свое богатство из музыкальной сокровищницы народа. Подчас нелегко бывало понять: то ли толпа, восхищенная оперной арией, в минуту затвердив мотив, разносит его по всему Милану, то ли, напротив, создатель оперы ввел в партитуру тот самый мотив, который давно уже носился по улицам города» (Успенский, 1950, с.48).

**96) Аналогия Франца Шуберта.** Ф.Шуберт, как и многие другие композиторы, находился во власти музыкального фольклора разных народов и включал его в свои миниатюрные шедевры. Б.Кремнев в книге «Шуберт» (Москва, 1964) пишет о народных интонациях, звучавших в сочинениях Шуберта, которые не понимал А.Сальери: «С особенной неприязнью относился Сальери к песням Шуберта. Меж тем Шуберт все больше и больше сочинял их. Народная песня, свежая и благоуханная, как росистый луг на заре, рождала в нем радость и тревожное беспокойство, столь потребные для творчества. Протяжные и переливчатые песни моравских деревень, искрометные польки и фурианты чехов, словно фамильный талисман, передававшиеся из поколения в поколение веселые и трогательные песенки зенских предместий, составили ту благодатную среду, которая питала и поила его» (Б.Кремнев, 1964).

**97) Аналогия Франца Шуберта.** Ф.Шуберт в ряде своих произведений использовал мелодии цыганских песен, которые он подслушивал у вечных кочевников, подсаживаясь к их огню. Борис Кремнев в книге «Шуберт» (Москва, «Молодая гвардия», 1964) повествует о Шуберте: «Он подсаживался к огню и тоже курил свою короткую, пузатую трубочку. Цыгане не чурались его. А когда он давал древней старухе с лицом всезнающей мумии серебряный талер, она, наплевав на монету, принималась гадать. Держала в своей коричневой, стянутой морщинками руке его пухлую белую руку и долго-долго бормотала что-то утешительно-пророческое на своем резком, непонятном языке. Зато другой цыган был ему понятен – их песни и пляски. Ради них он и просиживал здесь часами. Слушать никогда не слышанное, узнавать еще не узнанное, познавать непознанное – что может быть лучше! Вероятно, в этом и заключено истинное счастье. Тем более, что жизнь столкнула тебя с таким свежим, никем еще по-настоящему не использованным музыкальным материалом, как цыганские народные напевы. Что за прелесть они! Сущее чудо! То, что он вобрал шесть лет назад, показалось ему недостаточным. И он жадно, будто внове, впитывал музыкальный фольклор. Всюду, где только представлялась возможность» (Кремнев, 1964, с.89-90).

**98) Аналогия Франца Шуберта.** Ф.Шуберт, работая над созданием фортепианного произведения «Венгерский дивертисмент» (1824), по аналогии перенес в него мелодию песни, которую он случайно услышал, возвращаясь домой. Б.Кремнев в книге «Шуберт» (1964) пишет о Шуберте: «Как-то он возвращался с приятелем домой после прогулки. Проходя мимо кухни, он вдруг услышал песню. Ее пела кухарка, стоя у плиты. Песня была настолько красива, что Шуберт и сам заслушался, и приятеля заставил тихо стоять рядом с собой. На другой день и потом, в последующие дни, Шуберт не расставался с этой песней. Гуляя, он без

конца напевал или насвистывал ее. Впоследствии скромная песенка кухарки из Желиза стала королевской жемчужиной в короне знаменитого «Венгерского дивертисмента». Она образовала его главную тему» (Кремнев, 1964, с.90). Отметим, что Желиз – это находившееся в Венгрии имение графа Эстерхази (Эстергази).

**99) Аналогия Франца Шуберта.** Имеются определенные данные, свидетельствующие о том, что Ф.Шуберт в своем фортепианном произведении «Баркарола» использовал некоторые мелодические обороты из кантаты И.С.Баха «Крадитесь, игривые волны». А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) указывает: «Наиболее совершенно передает Бах движение волн в светской кантате «Крадитесь игривые волны» (№ 206), написанной ко дню рождения Августа III. Любопытно сходство между главным мотивом первого хора баховского творения и сопровождением в известной баркароле Шуберта...» (Швейцер, 1965, с.374).

**100) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман в одном из своих произведений использовал мелодию, заимствованную из увертюры к опере итальянского композитора Луиджи Керубини «Водовоз» (1801), которая иначе называлась «Два дня». Анри Радиге в электронной версии книги «Французские музыканты эпохи Великой французской революции» (Москва, Государственное музыкальное издательство, 1934) пишет об увертюре к опере «Водовоз» Керубини: «Глубина впечатления вызывалась в то время романтическими чертами, присущими музыке Керубини. В этом убеждают нас первые такты увертюры. Это начало сознательно заимствовано Шуманом в начале его «Увертюры, Скерцо и Финала» для оркестра» (Радиге, 1934, с.51). Очень высоко оценивал увертюру из упомянутой оперы Керубини Рихард Вагнер. А.Радиге приводит слова Вагнера: «Увертюра к «Водовозу» служит примером, как можно сжато передать ход действия, не нарушая единства художественной композиции» (там же, с.51). Сам Шуман говорил о музыке Керубини следующее: «Стоит лишь просмотреть увертюру Керубини, как приходит на ум, не слишком ли мало ценили и знали этого великого художника и не теперь ли, когда, благодаря новым лучшим путям нашей музыки, он становится для нас гораздо понятнее, настало время приняться за более тщательное его изучение» (Радиге, 1934, с.60).

**101) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман в ряде своих произведений использовал музыкальные идеи и приемы Л.Бетховена. В частности, в Симфонии ре минор Шумана (1851) историки музыки находят следы последних произведений Бетховена. Э.Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (1968) говорит: «Многим обязан Бетховену и Шуман, в особенности таким произведениям, как Пятнадцатый квартет. Музыковеды отмечают, что Шуман заимствовал бетховенский прием «скрещивающихся гармоний» - они сближают его Симфонию ре минор с последними бетховенскими Adagio» (Э.Эррио, 1968).

**102) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман в процессе сочинения своей знаменитой Фантазии до мажор (opus 17) по аналогии заимствовал основную мелодию для данного произведения из вокального цикла Бетховена «К далекой возлюбленной» (1815). Дьердь Кроо в книге «Если бы Шуман вел дневник» (Будапешт, 1966) описывает аналогию Шумана: «В Фантазии впервые появляется мелодия до мажор, заимствованная Шуманом из цикла Бетховена «К далекой возлюбленной». И в этом произведении, и в написанном позже цикле песен «Любовь и жизнь женщины», и в музыке симфонии до мажор эта мелодия служит символом его тоски по любимой» (Кроо, 1966, с.41).

**103) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман создал фортепианные этюды по каприсам (каприччио) Паганини (1832) в результате того, что по аналогии заимствовал и переложил для фортепиано наиболее известное скрипичное произведение Н.Паганини. Д.Кроо в книге «Если бы Шуман вел дневник» (1966) указывает: «Личность Паганини и его виртуозная игра оказалась той последней каплей, что переполнила чашу. Шуман понял, что возможности

исполнения на музыкальном инструменте безграничны. Поганини показал, на что способен человек. Подобно Ференцу Листу, Шуман сразу же думает о своем инструменте и живет теперь единственным желанием достигнуть такой же виртуозности в игре на рояле. Он перерабатывает для фортепьяно этюды Паганини...» (Кроо, 1966, с.14). Об этом же пишет Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008): «И не только Паганини-виртуоз поразил воображение Шумана, но его глубоко восхитил и Паганини-композитор. Обладая прекрасным музыкальным чутьем и отличаясь сильнейшей впечатлительностью, Шуман глубоко изучил 24 каприччи, переложил некоторые из них для фортепиано...» (Тибальди-Къеза, 2008, с.438).

**104) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман при создании известного произведения «Венский карнавал» (1839) по аналогии перенес в него мелодию французской революционной песни «Марсельеза», сочиненной Руже де Лиллем. Д.Кроо в книге «Если бы Шуман вел дневник» (1966) повествует о Шумане: «Он находил способы открыто выражать свои мысли не только в статьях и рецензиях, но и в музыке. В написанный в 1839 году в Вене «Венский карнавал» он вызывающе включил мелодию «Марсельезы» (opus 26), бывшей тогда в Австрии под полицейским запретом. Мелодию этого революционного марша он использовал и при сочинении музыки к стихотворению Генриха Гейне «Два гренадера». Голос Времени звучит и в последней части его четвертой симфонии ре минор (opus 120)» (Кроо, 1966, с.24).

**105) Аналогия Роберта Шумана.** Р.Шуман в своей оратории «Сцены из Фауста» (1844-1853) использовал музыку И.С.Баха. Фарах Таирова в книге «Фауст в музыке» (Баку, 2008) пишет о характере музыки, которая звучит в оратории Шумана, об истоках этого произведения: «Бытовой лирический тематизм нередко соседствует с величественными импровизациями, отмеченными чертами баховской патетики. В музыке Баха Шуман находит идеальное соответствие философской глубине концепции «Фауста» Гете, его многогранным и сложным образам» (Таирова, 2008, с.34). Кроме того, Р.Шуман включил в свою ораторию «Сцены из Фауста» гармонические обороты из «Реквиема» Моцарта (1791) и песенные темы из немецкой оперы. Ф.Таирова в той же книге указывает: «Нельзя не услышать в шумановском «Фаусте» и связей с трагическими страницами реквиемов (в частности - Моцарта), проявления стиля немецкой романтической оперы с ее песенным тематизмом...» (там же, с.35).

**106) Аналогия Ю.Эльснера, К.Курпиньского, М.Каменьского.** Польские композиторы, создатели первых национальных опер Юзеф Эльснер (1769-1854), Кароль Курпиньский (1785-1857) и Мацей Каменьский (1734-1821) при создании многих своих оперных произведений широко использовали музыкальный фольклор своей страны. Отметим, что Ю.Эльснер был учителем Ф.Шопена. Ф.М.Оржеховская в книге «Шопен» (Москва, «Армада», 1997) пишет о периоде появления первых национальных опер Польши: «В ту пору польские этнографы собирали и обрабатывали народные песни, композиторы вводили эти мелодии в свои пьесы и особенно в оперу. Большинство опер представляло собой поппури из народных мелодий. Не удивительно, что поляки любили эти национальные напевы и приветствовали их всюду, где они звучали. В Польше уже накопились силы для новой революции. Опера на польский сюжет, исполненная на польском языке, построенная на народных мотивах, - это было ново, смело и необходимо для душ, жаждущих независимости... Имена Эльснера, Курпиньского, Каменьского произносились с великим уважением, потому что они писали национальные оперы» (Оржеховская, 1997, с.37-38).

**107) Аналогия Фридерика (Фредерика) Шопена.** Польский композитор Ф.Шопен написал фортепианное произведение под названием «Сувенир Паганини» (1829) в результате заимствования и переработки для фортепиано некоторых мелодий скрипичного концерта Н.Паганини, с которым он выступил в Польше (Варшаве) в 1829 году. Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008) пишет о концерте Паганини для варшавской публики: «В

переполненном зале собрались вся местная знать, все музыканты и все любители искусства. Присутствовал здесь также высокий и худой молодой человек с тонким, благородным профилем – девятнадцатилетний Фредерик Шопен. С восторгом прослушав игру Паганини, он написал несколько вариаций для фортепиано, озаглавленных Сувенир Паганини [124] и на всю жизнь сохранил воспоминание об этом концерте и волшебном, чарующем колдовстве скрипача» (Тибальди-Къеза, 2008, с.432).

**108) Аналогия Фридерика (Фредерика) Шопена.** Ф.Шопен в ряде своих фортепианных опусов использовал польские народные танцевальные и песенные мелодии. Г.Л.Ловцкий в статье «Музыка и диалектика: о творчестве А.Н.Скрябина» (журнал «Современные записки», 1920, книга II, с.124-140) указывает: «Между тем Шопен глубоко сидел корнями в народной польской музыке. Сквозь богатое культурное убранство его произведений проглядывает непосредственность и простота народного напева. Но еще больше все эмоциональное содержание шопеновских вдохновений соткано из глубоко национальных отзвуков на народное горе и радость» (Ловцкий, 1920, с.128). Игорь Бэлза в книге «Фридерик Шопен» (Москва, «Музыка», 1991) пишет о мазурке, которую Шопен написал в Пальме (именно в Пальме, а не в Ноане – имени писательницы Жорж Санд, расположенном примерно в 200 км южнее Парижа). «Помимо сочинений, завершившихся на Майорке, - повествует И.Бэлза, - Шопен написал в Пальме минорную мазурку ор.41 № 42. Остальные мазурки этого опуса были созданы в Ноане, где Шопен писал и Вторую сонату. Уже давно польские исследователи обратили внимание на то, что «пальмейская» мазурка, как сам Шопен назвал ее в письме к Фонтане, начинается реминисценцией популярной польской песни. Микетта предполагает даже, что Шопен был автором этой песни, отголоски которой встречаются и во многих других его мазурках. Так или иначе, мелодия эта чрезвычайно близка к польской народной песенности» (Бэлза, 1991, с.96). Еще один пример воздействия фольклора на музыкальную мысль Шопена приводит Изабелла Хитрик в книге «Лирический дневник Шопена» (Москва, «Третья волна», 2001): «В музыке Шопена ясно слышится национальный характер. Иногда, особенно в ранних сочинениях, композитор использует народные мелодии, как, например, в Фантазии на польские темы (ор.13)» (И.Хитрик, 2001). Отметим, что «Фантазия на польские темы» была написана Шопеном в 1829 году.

**109) Аналогия Фридерика (Фредерика) Шопена.** Ф.Шопен был великим импровизатором, умевшим заимствовать мелодии популярных песен или танцев и обрабатывать их таким образом, что они превращались в самостоятельные произведения. По крайней мере, к такому выводу приходишь при анализе некоторых высказываний Ф.М.Оржеховской, представленных в ее книге «Шопен» (Москва, «Армада», 1997). Вот что она пишет об одном из концертов, состоявшемся в Вене, на котором выступал Шопен: «Когда началась импровизация на тему польской песни «Хмель» и Шопен стал превращать эту мелодию в танец, венцы, вообще равнодушные ко всему танцевальному, необычайно оживились. Веселый мазур, переходящий то в оберек, то в краковяк, внезапные чередования двухдольных и трехдольных размеров привели всех в волнение» (Оржеховская, 1997, с.165). Далее Ф.М.Оржеховская сообщает о песне, написанной Шопеном и посвященной певице Констанции Гладковской: «Он посвятил Констанции песенку, выросшую из того незатейливого мазура, который он услышал пять лет тому назад в деревне, от Ганки Думашевой. А слова мазура, записанные Шопеном, обработал поэт Стефан Витвицкий. Так продлилась жизнь песенки про девушку, которая хотела бы сиять солнцем в небе для милого и летать пташкой под его окном» (там же, с.198). Интересно, что на одном из концертов Шопен исполнил фортепианные импровизации на темы польских песен «Свет суровый» и «В городе странные нравы». Ф.М.Оржеховская пишет о том, что Шопен выступал во втором отделении этого концерта: «Во втором отделении Фридерик импровизировал на темы двух известных польских песен – «Свет суровый» и «В городе странные нравы». Может быть, придирчивый этнограф и нашел бы, что простой и строгий характер народной песни противоречит свободной форме фортепианной

фантазии, но искусство, с каким Шопен соединял эти противоположные свойства, заставило бы теоретиков умокнуть» (там же, с.213).

**110) Аналогия Фридерика (Фредерика) Шопена.** Ф.Шопен во многие свои вальсы по аналогии перенес мелодический фрагмент, получивший название «личного мотива», который впервые появился в его вальсе № 10 (1829). Изабелла Хитрик в книге «Лирический дневник Шопена» (Москва, «Третья волна», 2001) повествует: «Интересные выводы можно сделать при сравнении не только буквенных формо-схем и формообразующих приемов, но и интонационного материала различных вальсов Шопена. Некоторые темы Вальсов сходны по своему интонационному строению и в различных вариантах, различных модификациях встречаются в нескольких или даже во многих вальсах. Прежде всего, это (как мы ее назвали) «личная» тема, появившаяся впервые в средней части десятого вальса и затем в несколько измененном виде звучащая в вальсе № 14 и в вальсе № 1 (там это та самая тема, которая противостоит общему веселью). Ритмический вариант этой темы (пример 18, такт 7-й) затем звучит в начале основной темы вальса № 9; отголоски этой темы есть и в более позднем вальсе № 5. В шестом вальсе вновь оживает ритмический вариант темы, сходный с темой девятого вальса. И, наконец, в последний раз эта тема звучит в седьмом вальсе, но здесь она потеряла свой индивидуальный облик и растворилась в однообразном движении восьмых, стала припевом. Это завершение ее развития, развенчание мечты художника о счастье. Таким образом, эта «личная» тема проходит как сквозная, через многие вальсы Шопена, написанные в разные периоды его жизни. Она как бы объединяет все вальсы в единое целое: вальс № 10 – 1829 г., вальс № 14 – 1830 г., вальс № 1 – 1831 г., вальс № 9 – 1835 г., вальс № 5 – 1840 г., вальс № 6 и вальс № 7 – 1846 г.» (И.Хитрик, 2001).

**111) Аналогия Джакомо Мейербера.** Д.Мейербер в процессе сочинения кантаты «Бог и природа» (1811) использовал мелодию немецкой народной песни «Воды Рейна», а в свою оперу «Гугеноты» (1836) по аналогии перенес мелодию протестантского хорала 16 века. Ян Миллер в книге «Шеренга великих композиторов» (Варшава, 1975) говорит о Мейербере: «Чтобы выделить то или иное место, композитор не останавливается даже перед использованием известных мелодий, как, например, - протестантского гимна в «Гугенотах» или немецкой народной песни «Воды Рейна» - в кантате «Бог и природа» (Я.Миллер, 1975). О том, что Д.Мейербер перенес в оперу «Гугеноты» музыку протестантского хорала, пишут многие авторы. Так, Д.К.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) указывает: «О гениальном театральном чутье композитора свидетельствуют многие впервые найденные им музыкальные эффекты. В качестве примера можно указать на смелые гармонии, посредством которых композитор неоднократно характеризует католиков в «Гугенотах». Исторический колорит музыки «Гугенотов» достигается, например, звучанием подлинного протестантского хорала XVI века, которым охарактеризованы в опере гугеноты» (Д.К.Самин, 2008). Примечательно, что здесь Мейербер совершает ошибку, ведь первые протестантские хоралы создал основатель протестантского движения Лютер, а не католик Кальвин, следовательно, нельзя характеризовать гугенотов, которые были католиками, музыкой, принадлежащей протестантам. И.И.Соллертинский в книге «Джакомо Мейербер» (Ленинград, 1936) пишет: «Историзм Мейербера – только эффектная маска. Правда, в «Гугенотах» делается попытка охарактеризовать католицизм пышной полифонией, а гугенотов строгим лютеранским хоралом (что, кстати, исторически сугубо неверно, ибо гугеноты были кальвинистами)» (И.И.Соллертинский, 1936).

**112) Аналогия Джакомо Мейербера.** Немецкий композитор Д.Мейербер, создавая оперу «Пророк» (1849), по аналогии перенес в нее одну понравившуюся ему мелодию из своей же оперы «Изгнанник из Гренады» (1822). И.И.Соллертинский в книге «Джакомо Мейербер» (Ленинград, 1936) пишет: «В Падуе с достаточным успехом ставится «Ромильда и Констанца» (1818), в Турине – «Узнанная Семирамида» (1819) по старому тексту Метастазиио,

на который в свое время сочиняли музыку и Гассе и Глюк; в Венеции идет – «Эмма Ресбургская» (1819), в Милане – «Маргарита Анжуйская» (1820), там же два года спустя – «Изгнанник из Гренады» (1822). Оперы эти ныне забыты; впрочем, Мейербер многое из них использовал в позднейших партитурах: так, одна рельефная мелодия из «Изгнанника» вошла в «Пророка» (хор мальчиков в церкви)» (И.И.Соллертинский, 1936).

**113) Аналогия Джакомо Мейербера.** Д.Мейербер, сочиняя музыку для оперы «Северная звезда» (1854), по аналогии перенес в нее многие мелодии из своей же оперы «Лагерь в Силезии» (1844). И.И.Соллертинский в книге «Джакомо Мейербер» (Ленинград, 1936) говорит о Мейербере: «Он сочиняет для Берлина оперу «Лагерь в Силезии», с обязательным прославлением Фридриха II – «старого Фрица» (действие происходит в эпоху Семилетней войны); главную женскую партию поет знаменитая Женни Линд. Опера эта ныне забыта; многое из ее музыки впоследствии вошло в «Северную звезду» (Париж, 1854)» (И.И.Соллертинский, 1936).

**114) Аналогия Карла Марии Вебера.** К.М.Вебер, работая над своей оперой «Оберон» (1826), по аналогии перенес в нее арабскую народную мелодию, которая превратилась в его произведении в марш гаремных сторожей. Вебер весьма внимательно изучал книгу Иоганна Форкеля «Всеобщая история музыки», в которой имеется описание характера арабской фольклорной музыки. Р.Вагнер в очерке «Опера и драма» (книга Р.Вагнера «Избранные работы», Москва, «Искусство», 1978) отмечает: «И вот наступила великая охота на народные мелодии в чужих землях. Уже сам Вебер, у которого увял народный цветок, прилежно занялся изучением форкелевского описания арабской музыки [14] и заимствовал оттуда марш гаремных сторожей» (Вагнер, 1978, с.298). Восточные мотивы имеются и в другом произведении Вебера – опере «Абу Гасан» (1811). Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) пишет о юном Вебере: «...Юноша продолжил обучение у Георга Йозефа Фоглера. Аббат Фоглер поддерживал в юном даровании интерес к народной песне и музыке, прежде всего, к популярным в то время восточным мотивам, что и нашло отражение позднее в произведении Вебера «Абу Гасан» (Д.Самин, 2008).

**115) Аналогия Николо Паганини.** Итальянский скрипач Н.Паганини в юном возрасте сочинил одно из своих ранних и вместе с тем удивительных сочинений «Вариации на тему карманьолы» (1795) в результате того, что по аналогии заимствовал и переработал мелодию французской революционной песни «Карманьола», которая впервые появилась на свет в Марселе, но затем была привезена в Париж. В столице Франции эта песня прозвучала после взятия дворца Тюильри (1792). Мария Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (Москва, 2008) пишет о юном скрипаче: «Маленький скрипач, должно быть, по совету отца, решил использовать популярность французов и включил в программу свои Вариации на тему карманьолы [15], этой пьемонтской песенки, подхваченной Французской революцией. Идея оказалась удачной: ветер фронды, звучащий в музыке, и поразительное, виртуозное мастерство мальчика привели публику в невероятный восторг. Так состоялся первый из бесчисленного множества грандиозных триумфальных концертов Паганини» (Тибальди-Къеза, 2008, с.72-73). Далее М.Тибальди-Къеза пишет о меценате Паганини маркизе Жан Карло Ди Негро: «Вариации на тему Карманьолы Паганини не могли не пробудить симпатию молодого маркиза, и он решил помочь юноше. Вскоре (это произошло во второй половине 1795 года) он сам отвез Николо и его отца во Флоренцию и представил известному скрипачу Сальваторе Гинти. Тот буквально онемел от изумления, пишет Конестабиле, когда услышал в исполнении Николо Вариации на тему карманьолы...» (там же, с.86). Об этой же аналогии Паганини повествует А.К.Виноградов в книге «Осуждение Паганини» (Минск, 1983). Правда, Виноградов называет «Карманьолу» итальянской, а не французской песней: «Маленький Паганини сделал новую вариацию итальянской «Карманьолы» и присочинил свою собственную музыкальную тему, ту зажигательную французскую песню, которую он слышал

случайно от французских матросов на берегу моря в тот день, когда красивые молодые марсельцы распевали эту песню, поднимаясь на высокий берег. Эта песня звала к восстанию всех детей родины, она говорила о том, что поднято знамя, алое от крови народа, о том, что наступили дни славы. Каждый куплет заканчивался словами: «К оружию, граждане!» Когда Паганини, непосредственно после «Карманьолы», заиграл эту песню марсельских моряков, как он ее назвал, Ньекко взволнованно вскочил с кресла и заходил большими шагами по комнате» (Виноградов, 1983, с.21).

**116) Аналогия Николо Паганини.** Н.Паганини (1813) сочинил одно из своих скрипичных вариационных произведений в результате заимствования и переработки музыки из балета «Орех Беневенто» (1813). Музыка этого балета была написана Зюсмайром – тем самым Зюсмайром, который завершил (дописал до конца) «Реквием» Моцарта. У балета есть также название «Свадьба Беневенто». М.Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008) пишет о том, как у Паганини возникла мысль воспользоваться мелодиями указанного балета (спектакля): «Паганини присутствовал на спектакле, и его воображение захватила сцена безудержной пляски ведьм. Этого было достаточно, чтобы загорелась его фантазия, и он написал сочинение, которому суждено было стать одним из самых знаменитых и особенно типичным для его личности и искусства, - вариации на тему из этого балета для скрипки с оркестром Ведьмы. Вскоре Паганини исполнил свое сочинение в Милане, и событие это оказалось настолько знаменательным, что известие о нем даже перелетело через Альпы...» (Тибальди-Къеза, 2008, с.193-194).

**117) Аналогия Николо Паганини.** Н.Паганини (1819) в процессе работы над тремя своими знаменитыми вариациями по аналогии заимствовал и переложил для скрипки мелодии арий из двух опер Д.Россини – «Золушка» (1817) и «Танкред» (1813). М.Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008) повествует: «В оперном сезоне 1818/19 года Россини был в Неаполе, и Паганини снова встретился с ним. Позднее в письме к Джерми от 3 февраля 1825 года он писал: «Уверяю тебя, если бы ты слышал последние оперы Россини в Неаполе, на тебя не произвели бы ни малейшего впечатления сочинения других композиторов» (Тибальди-Къеза, 2008, с.301). Далее Тибальди-Къеза поясняет, мелодии каких именно арий заимствовал Паганини: «Мелодия крылатой молитвы, как и тема песни «У очага уж не грущу я боле» из оперы Золушка, как и ария «Сердечный трепет» из Танкреда, послужила Паганини для сочинения трех его знаменитых вариаций. Произведения Россини, созданные его бьющей ключом фантазией, побудили к творчеству и скрипача-композитора, душе которого созвучна была каждая нота, рожденная истинным и глубоким вдохновением» (там же, с.302).

**118) Аналогия Николо Паганини.** Н.Паганини, находясь в Неаполе, создал уникальное сочинение для скрипки соло – Вариации на тему арии «Как сердце замирает» (1821) благодаря тому, что по аналогии заимствовал и переложил для скрипки одну из мелодий, представленную в опере Д.Паизиелло «Прекрасная мельничиха» (1788). Мы уже говорили, что итальянский композитор Д.Паизиелло при работе над своей оперой «Прекрасная мельничиха» (1788) по аналогии перенес в нее мелодию русского городского романса, которая ему очень понравилась. В данном случае мы должны отметить, что произведение Паганини «Вариации на тему арии «Как сердце замирает» возникло на основе заимствования мелодии из указанной оперы Д.Паизиелло. Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) указывает: «В конце 1818 года скрипач впервые приезжает в древнюю «столицу мира» - Рим. Он посещает музеи, театры, сочиняет. Для концертов в Неаполе он создает уникальное сочинение для скрипки соло – Интродукцию и вариации на тему арии «Как сердце замирает» из популярной оперы Дж.Паизиелло «Прекрасная мельничиха» (Д.Самин, 2008).

**119) Аналогия Николо Паганини.** Н.Паганини (1828) создал одно из своих скрипичных произведений под названием «Торжественная сентиментальная соната» благодаря тому, что

по аналогии заимствовал и переложил для скрипки мелодию английского гимна «Боже, храни короля». Эта мелодия в свое время лежала в основе и гимна России. А.К.Виноградов в книге «Осуждение Паганини» (Минск, 1983) повествует: «В Варшаве ожидалась большие праздники, и вот Паганини решил именно там использовать несколько парадных вещей, написанных им в торжественном стиле. В их числе был английский гимн, переложенный им для скрипки, так как говорили, что этот гимн принят в России в качестве национального гимна» (Виноградов, 1983, с.118). Леви Шаар в статье «Слишком великий человек» (журнал «Заметки по еврейской истории», № 18 (121), ноябрь 2009 г.) пишет о подарке, который Паганини преподнес эрцгерцогине австрийской Марии Луизе, жене Наполеона, находясь в Италии: «...Паганини преподнес ей красивый, тактичный и исключительно приятный сюрприз. Он сыграл свою Благородную сентиментальную сонату с вариациями на тему знаменитого австрийского национального гимна, который написал Гайдн на популярные тогда слова Лоренца Леопольда Хашки [1]. Сюрпризом герцогиня была чрезвычайно тронута, и весь тот замечательный вечер стал началом дружеских отношений двух знаменитостей» (Л.Шаар, 2009). Кстати, нам уже известно, что сам Ф.И.Гайдн сочинил знаменитый гимн Австрии путем заимствования одной из мелодий хорватского фольклора, о чем сообщает Крис Цвиич в статье «Похищение Центральной Европы» (журнал «Вестник», № 23 (177), 24 октября 1997 г.).

**120) Аналогия Николо Паганини.** Н.Паганини создал известное произведение «Венецианский карнавал» (1829), который называют энциклопедией его виртуозности и вариационной техники, по аналогии заимствовав и обработав мелодию популярной венецианской песенки «Мама, мама дорогая». Это произведение итальянского композитора относится к периоду его концертных выступлений в городах Германии: Нюрнберге, Аугсбурге, Штутгарде, Франфурте-на-Майне. Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008) цитирует письмо Паганини к Луиджи Гульельмо Джерми от 12 декабря 1829 года: «Вариации, которые я сочинил на тему прелестной венецианской песенки «Мама, мама дорогая», превосходят все. Я сам не могу тебе передать это» (Тибальди-Къеза, 2008, с.448). Кроме того, Н.Паганини сочинил военную сонату «Наполеон» для скрипки с оркестром благодаря тому, что заимствовал и модифицировал ряд мелодий из оперы Моцарта «Свадьба Фигаро» (1786). Военная соната «Наполеон» стала частью концерта, с которым великий скрипач впервые выступил в парижском театре «Опера». Тибальди-Къеза об этом концерте: «Вторым номером в программе концерта стояла Военная соната на тему из оперы Моцарта Свадьба Фигаро. И тут он показал все свое искусство игры на четвертой струне» (там же, с.531).

**121) Аналогия Ференца (Франца) Листа.** Венгерский композитор Ф.Лист (1830) в процессе работы над своей Революционной симфонией, которая осталась неоконченной, перенес в нее следующие мелодии. Янош Ханкиш в книге «Если бы Лист вел дневник...» (Будапешт, 1963) пишет о Революционной симфонии Листа: «Под сильным впечатлением Июльской революции Лист набрасывает симфонию. В основу эскиза он кладет три воинственные мелодии: песню богемских гуситов XV века, лютеровский хорал «Господь – могучий наш оплот» и французскую песню гугенотов «Да здравствует Генрих IV», которые должны были переплетаться с темой «Марсельезы». Однако симфония так никогда и не появилась на свет» (Ханкиш, 1963, с.11-12).

**122) Аналогия Ференца (Франца) Листа.** Ф.Лист (1842) создал вариации на тему русской песни «Соловей, мой соловей», мелодию которой написал А.Алябьев, а стихи – А.Дельвиг. Примечательно, что Ф.Лист также переложил для фортепиано «Марш Черномора» из оперы Глинки «Руслан и Людмила». Доротея Редепеннинг в статье «Музыкальный город Петербург. Размышления о диалоге культур» (журнал «Неприкосновенный запас», 2003, № 4) пишет: «Оба фактора – двойной смысл незамысловатого текста и притягательность мелодии, которой

минорный тон придает налет меланхолии и которая так проста, что ее тотчас можно подпеть, - привели к тому, что Соловей Дельвига и Алябьева с первых дней своего существования приобрел огромную популярность в России и одновременно стал шлягером в Западной Европе. Франц Лист во время своих гастролей в Петербурге в 1842 году обработал его...» (Д.Редепеннинг, 2003). Об этом же говорит Татьяна Чередниченко в статье «Русская музыка и геополитика» (журнал «Новый мир», 1995, № 6): «...Лист, много путешествовавший, бывавший в том числе и в России, «чужую» музыку не столько писал, сколько обрабатывал. Его виртуозные транскрипции глинкинского «Марша Черномора» или алябьевского «Соловья» хорошо известны» (Т.Чередниченко, 1995).

**123) Аналогия Ференца Листа.** Ф.Лист во время создания симфонической поэмы «Тассо» (1854) использовал итальянский фольклор, а именно песню венецианских гондольеров, которую он услышал в Венеции в 1838 году. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) говорит: «Лучшие симфонические произведения были написаны Листом в веймарский период жизни. Особой красотой звучания поражают симфонические поэмы «Что слышно на горе» (здесь воплощена романтическая идея противопоставления величественной природы человеческим скорбям и страданиям), «Тассо» (в этом произведении композитор использовал песню венецианских гондольеров)...» (там же, с.106). Об этом же сообщает Я.Ханкиш в книге «Если бы Лист вел дневник...» (1963): «По желанию двора готовилась постановка гетевского «Тассо» и Листу было заказано сочинение симфонической увертюры к этому спектаклю. Как Лист указывает в предисловии к партитуре, он хотел выразить в музыке «великую антитезу гения, непризнанного при жизни, но окруженного после смерти ореолом славы». Через все произведение лейтмотивом проходит мелодия, услышанная Листом в 1838 году в Венеции, которую пели гондольеры и которая звучит в первой Строфе «Освобожденного Иерусалима» великого итальянца Тассо» (Ханкиш, 1963, с.27).

**124) Аналогия Ференца Листа.** Ф.Лист создал фортепианный цикл «Венеция и Неаполь» (1859) благодаря тому, что по аналогии перенес в него мелодии итальянских народных песен. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) повествует: «...В цикле «Венеция и Неаполь» Лист использовал мелодии итальянских народных песен. Основой для написания «Гондольеры» стала венецианская баркарола, «Канцона» является фортепианной транскрипцией песни гондольера из россиниевского «Отелло», а в Тарантелле звучат подлинные неаполитанские мелодии, создающие яркую картину праздничного веселья» (Горбачева, 2002, с.104).

**125) Аналогия Ференца Листа, Роберта Шумана и Иоганнеса Брамса.** Ф.Лист, Р.Шуман и И.Брамс создали фортепианные произведения, удивившие применением новых технических приемов и музыкальных идей, в результате того, что по аналогии заимствовали и обработали «Каприччио» Н.Паганини – скрипичное произведение, которое он создавал на протяжении ряда лет. Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) повествует: «Паганини своим демоническим бешеным виртуозным темпераментом оказал сильнейшее воздействие на трех великих поэтов фортепиано, для которых виртуозность была только подножием подлинного искусства: на Листа, Шопена (который слышал Паганини во время концертных выступлений последнего в Варшаве, в 1829 году) и Шумана. Как Лист, так и Шуман (а затем и Брамс) переработали для фортепиано «каприччио» Паганини, используя те его новые остроумные технические приемы, которые имели самостоятельное значение, независимо от эстрадной позы артиста...» (Браудо, 1930, с.216). Об этом же говорит Тибальди-Къеза в книге «Паганини» (2008): «Некоторые выдающиеся композиторы, такие как Роберт Шуман, Иоганнес Брамс и Ференц Лист, не только восхищались им (Паганини – Н.Н.Б.), но и часто находили в нем источник вдохновения. Они без колебаний обращались к его произведениям, написанным для скрипки, чтобы превратить их в фортепианные шедевры» (Тибальди-Къеза, 2008, с.850).

**126) Аналогия Ференца Листа.** Многие произведения Ф.Листа являются результатом заимствования и переработки (переложения для фортепиано) органных прелюдий и фуг И.С.Баха. А.Майкапар в статье «Композиторы, испытавшие влияние Баха» (газета «Искусство», № 16 (376), 16-31 августа 2007 г.) пишет: «Лист не раз обращался к баховскому наследию. Он сделал фортепианные транскрипции шести больших органных прелюдий и фуг Баха, а также его Фантазии и фуги соль минор. Эти транскрипции до сих пор остаются яркими номерами программ многих пианистов» (А.Майкапар, 2007). О том, что Ф.Лист создал ряд фортепианных произведений по аналогии с творениями И.С.Баха, говорит А.И.Демченко в статье «Ференц Лист: веки эволюции» (сборник «Ференц Лист и проблемы синтеза искусств», составитель – Г.И.Ганзбург, Харьков, 2002): «По всей видимости, Лист был и самым ранним пророком неоклассицизма. Начиная с «Фантазии и фуги на тему ВАСН» (сочинена в 1855-м для органа, переработана в 1871-м для фортепиано), он неуклонно продвигался к «антиромантическому» необарокко. Это заметно и в фуге из вокально-симфонического «Псалма № 13» (1859), но особенно в фортепианных «Вариациях на тему Баха» (1862, существует и вариант для органа), которым предшествовала «Прелюдия по И.С.Баху», основанная на той же теме. Примечательно, что в обоих случаях импульсом послужил мотив *basso ostinato* из I части кантаты «Плач, Жалобы, Заботы, Сомнения» (его Бах использовал и в *Stucifixus* мессы *h-moll*)» (А.И.Демченко, 2002).

**127) Аналогия Ференца Листа.** Ф.Лист создал одно из своих фортепианных произведений в результате заимствования и переложения для фортепиано «Фантастической симфонии» Г.Берлиоза (1830). У этой симфонии есть и другое название – «Эпизод из жизни артиста». Я.Ханкиш в книге «Если бы Лист вел дневник...» (Будапешт, 1963) пишет: «Вернувшийся из поездки по Италии лауреат Римской премии Берлиоз устраивает концерт, где вторично исполнялась симфония «Эпизод из жизни артиста», называемая также «Фантастической симфонией», на которую его вдохновила любовь к английской актрисе Генриетте Смитсон. Увлеченный этим своеобразным, открывающим новую дорогу творением, Лист создает великолепную переработку его для фортепьяно. При этом он прибегает к новой, отклоняющейся от буквального перенесения технике, которая, однако, блестяще передает все особенности звучания оркестра и как бы создает новое произведение» (Ханкиш, 1963, с.12).

**128) Аналогия Ференца Листа, Модеста Мусоргского, Петра Чайковского и Игоря Стравинского.** В «Фантастической симфонии» Берлиоза есть фрагмент музыки, называемый «Шабаш ведьм», который нашел самое широкое употребление в сочинениях других композиторов. Ф.Лист в двух своих произведениях «Мефисто-вальс» и «Фауст-симфония» (1857) и М.Мусоргский в оркестровой фантазии «Ночь на лысой горе» (1867) по аналогии использовали мелодические обороты указанного «Шабаша ведьм». Те же мелодические обороты позже П.Чайковский по аналогии перенес в симфонию «Манфред» (1885), а И.Стравинский - в балет «Жар-птица» (1910). И.И.Соллертинский в книге «Берлиоз» (Москва, 1962) поясняет: «Так или иначе, в «Фантастической симфонии» Берлиоз открывает новые территории музыкальных звучаний. «Шабаш ведьм», например, начинает вереницу всех последующих «сатанинских», демонических вещей – «Мефисто-вальс» Листа, его же «Мефистофель» из «Фауст-симфонии», «Ночь на лысой горе» Мусоргского, финал из «Манфреда» Чайковского («Оргия в чертогах Аримана») – вплоть до «Поганого пляса» из «Жар-птицы» Стравинского: те же в основном тембры и краски для изображения «Чертовщины», те же методы деформации мелодического материала («дьявольская ирония») и даже отдельные приемы разработки; так, примененное Берлиозом фугато для картины кружения в адском хороводе мы встретим – в такой же смысловой функции – и в «Мефистофеле» из листовской «Фауст-симфонии», и в финале «Манфреда» Чайковского» (И.И.Соллертинский, 1962).

**129) Аналогия Ференца Листа.** Ф.Лист в одном из своих фортепианных произведений использовал мелодии, взятые из вокального цикла «Детская» (1868-1872) М.Мусоргского. В этом цикле звучат детские песни, в том числе колыбельные, которые понравились Ф.Листу. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) пишет о песнях из цикла «Детская», которые восхитили венгерского композитора: «Ференц Лист был так восхищен этими песенками, что тут же захотел переложить их на фортепиано. Мусоргский об этом событии написал своему другу Стасову: «Я никогда не думал, чтобы Лист, избирающий колоссальные сюжеты, мог серьезно понять и оценить «Детскую», а главное, восторгнуться ею: ведь все же дети в ней – россияне с сильным местным запахом» (Горбачева, 2002, с.294).

**130) Аналогия Ференца Листа.** Ф.Лист написал свои «Венгерские рапсодии», над которыми он работал на протяжении нескольких десятилетий (1847-1885), благодаря тому, что использовал в них мелодии знаменитых цыганских музыкантов вроде Яноша Бихари (1764-1827), а также мелодии мало кому известных цыганских оркестров Эдинбурга, Пресбурга, Пешта. Дина Курапова и Тия Ярг в учебном пособии «Музыкальный романтизм 19 века» (Таллин, 2008) отмечают: «Лист разрабатывал фольклорные источники, легшие в основу Венгерских рапсодий, на протяжении нескольких десятилетий. Большинство содержащихся здесь напевов вошли в позже написанные девятнадцать рапсодий. Лист черпал богатство сначала в собственных детских воспоминаниях, которые восходят к Бихари и другим цыганским знаменитостям, а затем в полях цыганских оркестров Эдинбурга, Пресбурга, Пешта. В этих мелодиях ярко запечатлелись особенности стиля вербулкош» (Курапова, Ярг, 2008, с.5). В статье «Бихари Янош» (электронная энциклопедия «Википедия») говорится о венгерском скрипаче Бихари, чью музыку использовал Лист: «Бихари играл на придворных банкетах, для парламентов провинции, для венского конгресса, для иностранных гостей Венгрии, был приглашен к императорскому двору. Мелодии Бихари использовали Ференц Лист, Людвиг ван Бетховен, Пабло Сарасате и другие европейские композиторы. Популярность позволяла Яношу вести жизнь аристократа: во время гастролей он останавливался в роскошных отелях, имел специального слугу для переноски своей скрипки, одевался в дорогие костюмы» (энциклопедия «Википедия»).

**131) Аналогия Ференца Листа.** Мы уже говорили о том, что французский композитор Г.Берлиоз в процессе обдумывания своего произведения «Осуждение Фауста» (1846) по аналогии перенес в него мелодию «Ракоци-марша», сочиненного венгерским скрипачом Яношем Бихари. В данном случае мы хотим отметить, что Ф.Лист независимо от Г.Берлиоза вплел мелодию того же марша в ткань своей «Коронационной мессы». Я.Ханкиш в книге «Если бы Лист вел дневник...» (1963) говорит о Листе: «Только в разговоре с Абраньи он заметил, что ему кажется странным, что в свое время никто не возражал против «Коронационной мессы», хотя она и содержала мотивы запрещенного «Ракоци-марша». Однако на этом дело с «Королевской песней» не закончилось. После исполнения она была резко раскритикована одним из предубежденных против Листа рецензентов, что вызвало бурю негодования» (Ханкиш, 1963, с.64).

**132) Аналогия Иоганнеса Брамса.** Немецкий композитор И.Брамс в некоторых своих сочинениях по аналогии использовал композиционные идеи Людвига Бетховена. Чарльз Розен в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002) указывает: «Изучая Бетховена, Брамс позаимствовал у него удачную идею: дополнить блестящую и взволнованную финальную часть лирическим хоралом. Он изучал Бетховена не для того, чтобы воровать темы, а чтобы учиться композиции. Заимствование мелодий по большей части случайно и редко когда важно: первые два такта главной темы в увертюре к «Волшебной флейте» Моцарта повторяют начало сонаты Клементи, но занимало это только самого Клементи, твердившего об этом годами («Моцарт слышал, как я ее играл»))» (Ч.Розен,

2002). Следует обратить внимание на то, что И.Брамс в своей Первой симфонии (1876), а именно в четвертой ее части, продемонстрировал способность ассимилировать финал Девятой симфонии Бетховена (1824). Ч.Розен в той же статье повествует: «Двадцатью тремя годами позже, когда сорокатрехлетний Брамс опубликовал, наконец, свою Первую симфонию до минор, соч.68, в главной теме четвертой ее части опять-таки содержалась явная отсылка к финалу Девятой симфонии Бетховена. Кто-то сказал об этом Брамсу, и он ответил: «Это любому ослу понятно» (Ч.Розен, 2002).

**133) Аналогия Иоганнеса Брамса.** И.Брамс создал ряд известных фортепианных произведений по аналогии с мелодическими оборотами таких сочинений Роберта Шумана, как его «Токката» для фортепиано (1833), струнные квартеты (1842), «Крейслериана» (1838), «Карнавал» (1835). Зачастую произведения И.Брамса представляли собой вариации на тему творений Шумана, когда заимствуется определенная идея, которая затем модифицируется (обрабатывается). Ч.Розен в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002) раскрывает творческую лабораторию Брамса: «Использование классических образцов было принципиально важным для стиля Брамса, и пользовался он ими чрезвычайно тонко. Чтобы понять, как подходил к работе Брамс с самого начала своей творческой жизни, возьмем его фортепьянные вариации на тему Шумана, соч.9. Они написаны через год после того, как Шумана поместили в лечебницу» (Ч.Розен, 2002). «В одной из вариаций, - поясняет Ч.Розен, - немедленно распознали прямую цитату из другой пьесы Шумана: Брамс взял пьесу Шумана в си миноре и написал вариацию в фа-диез миноре (эта тональность использована в шумановском цикле как раз перед пьесой в си миноре, благодаря чему, рассчитывая Брамс, заимствование будет замечено каждым). После того, как в 1857 году вариации были опубликованы, возникло некоторое недоразумение. Журналист написал хвалебную статью, и Брамс был доволен ею» (Ч.Розен, 2002). Ч.Розен показывает сочинения Шумана, по аналогии с которыми Брамс написал свои собственные: «Иные переключки с произведениями Шумана, возможно, не так прозрачны. Последняя вариация – явная переработка второго шумановского экспромта на тему Клары Вик. Есть вариации, основанные на «Карнавале», на разных частях струнных квартетов и на токкате для фортепьяно. За месяцы, проведенные в доме Шуманов, двадцатидвухлетний Брамс, вероятно, настолько хорошо изучил все сочинения Роберта, что знал их лучше самого автора. Я обнаружил примерно восемь примеров заимствования и уверен, что другие вариации подобным же образом основаны на произведениях Шумана, которые я хуже знаю или понимаю, чем Брамс. В некотором смысле эти вариации – дань молодого композитора всей жизни Шумана. Самая интересная переработка – вторая вариация, основанная на последней пьесе «Крейслерианы» (Ч.Розен, 2002).

**134) Аналогия Иоганнеса Брамса.** И.Брамс в своей Третьей симфонии (1883) по аналогии использовал музыкальные идеи Струнного квинтета (1828) Франца Шуберта. Ч.Розен в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002) указывает: «Струнный квинтет Шуберта открывается тоническим трезвучием, уменьшенным септаккордом на тонике и возвращением к тонике. Точно так же начинается Третья симфония Брамса, но мотив изменился до неузнаваемости: вместо спокойной фразы в среднем регистре – нарастающее фортиссимо с медными. Надо думать, что если я заметил идентичную гармоническую последовательность, то Брамс, знавший творчество Шуберта, гораздо лучше меня, наверное, заметил ее тоже, а поскольку в следующих тактах грандиозно воспроизводится типично шубертовский прием чередования мажора и минора, я полагаю, что мы имеем дело с сознательным развитием идей, найденных им у Шуберта, и претворением их в такие мощные художественные приемы, которых старший мастер не мог и вообразить» (Ч.Розен, 2002).

**135) Аналогия Иоганнеса Брамса.** И.Брамс написал Первый фортепьянный концерт (1860), а также финал Третьей симфонии (1883) по аналогии с музыкальными произведениями Феликса Мендельсона (1809-1847). Ч.Розен в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002) повествует: «Брамс обязан Мендельсону не какой-то случайно позаимствованной темой. Знание мендельсоновской фактуры видно уже в медленной части Первого фортепьянного концерта, и именно Мендельсон, а не Бетховен или Шуберт научил Брамса тончайшим образом воскрешать в финале одну из предыдущих частей: в скрипичной сонате соль мажор образцом для этого ему послужило трио Шуберта, но в Третьей симфонии, где в финале всплывает первая часть, очевидны уроки Мендельсона – прежде всего, его струнного квартета ми-бемоль мажор и ми-мажорной сонаты для фортепьяно» (Ч.Розен, 2002).

**136) Аналогия Иоганнеса Брамса.** И.Брамс во многих своих произведениях использовал мелодии, которые он по аналогии заимствовал, соответствующим образом обработав, из народных песен разных стран. Он обрабатывал немецкие, сербские, чешские, венгерские и многие другие народные песни. В.А.Васина-Гроссман в книге «Романтическая песня XIX века» (1966) повествует: «Жанр обработки народной песни имел, как мы увидим далее, основополагающее значение для формирования стиля всего творчества Брамса, а в особенности – вокального. В отношении к народному искусству Брамс был сыном своего времени. Интерес немецкой интеллигенции к искусству народа, характерный для всего XIX столетия, в середине века принимает форму научного интереса. Уже с конца 30-х годов столетия начинает развиваться научная музыкальная фольклористика, выходят тетради народных песен, собранных Людвигом Эрком, а за ним и ряд других. Это способствует более углубленному знакомству композиторов с народной песней, что к Брамсу относится в первую очередь. Работу над народной песней Брамс вел в течение всей своей творческой жизни, начав ее еще в 50-х годах, когда им были обработаны 14 народных песен (из сборника Кречмера и Цуккамальо) и записаны 28 народных песен, впоследствии аранжированных для хора» (В.А.Васина-Гроссман, 1966). «Особо следует подчеркнуть, что интерес Брамса к народному искусству не был ограничен только немецким фольклором. Его привлекали и славянские песни – сербские, чешские и песни венгерского народа, получившие отражение в сборнике «Цыганских песен» (которые правильно было бы назвать венгерскими)» (В.А.Васина-Гроссман, 1966). Об этом же говорит Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002): «Брамсу пришлось непосредственно соприкоснуться с немецкой народной музыкой, а также с бытовыми городскими мелодиями (лендлеры, популярные немецкие песни и танцы), которые в дальнейшем стали интонационной основой лучших произведений талантливого композитора. В некоторых своих сочинениях он использовал истинно народные мелодии, в других создавал свою музыку, близкую народно-бытовой» (Горбачева, 2002, с.197).

**137) Аналогия Иоганнеса Брамса.** И.Брамс создал некоторые фортепианные произведения в результате того, что заимствовал и обработал сочинения (в том числе скрипичные пьесы) И.С.Баха. Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988) указывает: «Брамс делал фортепианные аранжировки скрипичных пьес Баха. Более того, как я покажу ниже, он часто заимствовал имеющие характерное символическое значение тематические обороты, многие из которых Бах, в свою очередь, унаследовал от предшественников» (Лайнсдорф, 1988, с.34). Следует обратить внимание на то, что И.Брамс использовал фрагменты музыки из сочинения И.С.Баха «Страсти по Матфею» в своем Первом концерте для фортепиано (1859). В «Страстях по Матфею» Баха есть ария, в которую введен характерный мотив, изображающий, как капают слезы. «Один пианист, с заслуженным успехом концертировавший уже добрый десяток лет, - пишет Э.Лайнсдорф, - был приятно поражен, когда я указал ему, что в начале и в медленной части Первого концерта для фортепиано Брамса проходит мотив «баховских слез», который, впрочем, редко, если это вообще когда-либо бывает, исполняют с осознанием

его истинного смысла» (там же, с.41). Кроме того, Брамс включил в финал своей Четвертой симфонии фрагмент музыки из кантаты И.С.Баха «Твой зов, боже, слышу». Этот музыкальный фрагмент представляет собой элементарную по структуре череду нот, к которой Брамс добавил еще одну ноту – ля-диез, которая создает так называемый кадансовый оборот. А.Швейцер в книге «Иоганн Себастьян Бах» (1965) говорит о том, что Брамс внимательно изучал партитуры Баха, издаваемые обществом любителей и ценителей его музыки: «Рассказывают, что Брамс с нетерпением ожидал появления каждого нового тома Баховского общества и, получив, откладывал все другие работы, чтобы просмотреть его. «У старика Баха, - говорил он, - всегда найдешь что-нибудь новое, а главное – у него можно поучиться» (Швейцер, 1965, с.163).

**138) Аналогия Рихарда Вагнера.** Немецкий композитор Р.Вагнер во время работы над увертюрой «Польша» (1836) использовал мелодии польских песен и танцев, а также песню К.Курпиньского «Литвинка». Д.К.Самин в книге «100 великих композиторов» (Москва, «Вече», 2008) указывает: «Вагнер признавался, что был захвачен бурей освободительного движения, пронесшейся по Европе в начале 1830-х годов, особенно сильно его взволновали польские революционные события. Свое сочувствие повстанцам он выразил в увертюре «Польша» (1832, закончена в 1836 году), насыщенной мелодиями и ритмами польских песен и танцев» (Д.К.Самин, 2008). Необходимо отметить, что К.Курпиньский (1785-1857) – известный польский композитор, с 1810 года – скрипач оркестра Варшавской оперы, один из создателей польской революционной песни, автор мелодии известной «Варшавянки», сочиненной в 1831 году. Интересно, что одна из мелодий Курпиньского послужила темой Фантазии Шопена для фортепиано с оркестром (сочинение 13), а мелодия «Варшавянки» включена Д.Д.Шостаковичем в его Одиннадцатую симфонию (1957).

**139) Аналогия Рихарда Вагнера.** Немецкий композитор Р.Вагнер, создавая свои оперы, часто по аналогии заимствовал мелодии из различных, в том числе симфонических, произведений Ференца Листа (которому он доводился зятем). И.А.Корзухин в очерке «Н.Римский-Корсаков и Рихард Вагнер» (Берлин, 1910) отмечает: «С другой стороны, совершенно невозможно упускать из вида того, что Вагнер при всем своем гении, может быть, более, чем какой-либо иной композитор, «заимствовал, вводя в свой композиторский обиход изобретения» других композиторов, в том числе Листа. Небезынтересно по этому поводу привести следующую историческую справку. Как известно, симфонические поэмы Листа появились в печати почти одновременно и притом более или менее неожиданно: от Листа-пианиста никто не ожидал такого выступления в качестве композитора. Вагнер, конечно, одним из первых изучил произведения своего друга и благодетеля и, как показывают некоторые места его интимной переписки, был совершенно потрясен гениальностью и новизной их. Это впечатление было настолько сильно, что однажды Вагнер, вообще, всегда до самых последних мелочей заботившийся о своей репутации, написал Листу следующую фразу: «Под влиянием твоих поэм я в гармоническом отношении сделался совершенно иным человеком» (И.А.Корзухин, 1910). Г.Филенко в статье «Морис Равель и его письма», которая является предисловием к книге М.Жерар и Р.Шалю «Равель в зеркале своих писем» (Ленинград, 1998) отмечает: «В письме к Флорану Шмитту молодой Равель, восхищаясь «Фауст-симфонией» Листа, не без лукавства намекает на замеченные им у Листа прообразы тем и новаторские находки в музыкальном языке, первоизобретательство которых вагнерианцы приписывали всецело своему кумиру, в ущерб Листу, предвосхитившему эти «открытия» задолго до создания Вагнером его наиболее новаторских произведений – «Тристана и Изольды», «Кольца Нибелунга» и «Парсифаля» (Филенко, 1998, с.6).

**140) Аналогия Рихарда Вагнера.** Р.Вагнер заимствовал некоторые мелодические обороты из произведений Карла Вебера. Музыковеды находят следы оперы Вебера «Эврианта» (1823) в опере Вагнера «Лоэнгрин» (1850). Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история

музыки» (1930) повествует: «...Можно было бы обозреть весь ход развития европейской музыки 19 столетия с точки зрения веберовских влияний. К веберовской школе, о которой мы будем говорить еще ниже, несомненно, принадлежал Рихард Вагнер, о котором Г.Риман справедливо утверждает, что он в своих романтических операх, особенно «Лоэнгрине», гораздо ближе к «Эврианте», чем к своему собственному «Риэнци» (Браудо, 1930, с.182). Об этом же говорит Э.Эррио в книге «Жизнь Бетховена» (1968): «История Эврианты относится к тем легендам Средневековья, которые немецкий романтизм старался ввести в моду. Но, разумеется, главная ценность оперы Вебера заключалась в новизне музыки, в оригинальности мелодического речитатива, в стремлении сочетать особенности оперного искусства с требованиями драматического развития, в богатстве ритмики и оркестровых красок. Сочиняя «Лоэнгрина», Вагнер не раз вспоминал «Эврианту» (Э.Эррио, 1968). Кроме того, Р.Вагнер по аналогии использовал в опере «Лоэнгрин» определенные идеи произведений итальянского композитора Гаспаро Спонтини (1774-1851). Особенно сильное впечатление на Р.Вагнера произвела опера Спонтини «Весталка» (1807). Е.М.Браудо в той же книге (во 2-ом томе) указывает: «Рихард Вагнер признавал влияние Спонтини на свои ранние оперы. Не только «Риэнци», но и некоторые хоры «Лоэнгрина» созданы были под непосредственным обаянием «Весталки» (там же, с.189). Следы музыки Вебера можно найти также в опере Вагнера «Тангейзер» (1845). Ганс Галь в книге «Брамс, Вагнер, Верди» (Ростов-на-Дону, 1998) пишет о том, какую музыку использовал Вагнер в опере «Тангейзер»: «...Тут бросается в глаза совершенно несимфонический элемент, настоящая оперная мелодия – песня о Венере. Она словно прямо позаимствована из увертюры Вебера» (Г.Галь, 1998).

**141) Аналогия Рихарда Вагнера.** Р.Вагнер использовал в своем творчестве некоторые музыкальные решения немецкого композитора Феликса Мендельсона (1809-1847), которого Вагнер критиковал, называя его музыку бесстрастной, бессильной, содействующей распущенности. Михаил Тетельбаум в статье «Композитор-романтик XIX века» (журнал «Слово», 2009, № 63), говоря об уязвимости упреков Вагнера, высказанных в адрес Мендельсона, подчеркивает: «Несостоятельность своих обвинений Вагнер со всей очевидностью доказал, заимствовав некоторые музыкальные решения у тех, кого впоследствии подверг музыкально-националистической критике. Например, хоры из симфонических произведений Мендельсона» (М.Тетельбаум, 2009). Р.Вагнер в своей опере «Летучий голландец» (1843) использовал музыкальные идеи увертюры Ф.Мендельсона «Морская тишь и счастливое плавание» (1832), а в опере «Парсифаль» (1882) - мелодические приемы «Реформационной» симфонии (1832) того же Мендельсона. Об этом пишет Дмитрий Морозов в статье «За что Вагнер не любил Мендельсона?» (газета «Культура», № 37 (7598), 20-26 сентября 2007 г.), говоря о программе, в которой одновременно звучали произведения Мендельсона и Вагнера: «...Вагнер очень много взял от Мендельсона, и исполнявшаяся программа весьма наглядно это продемонстрировала... Уже в увертюре «Морская тишь и счастливое плавание» явственно прослушиваются тематизм «Летучего голландца» и фанфары из «Лоэнгрина», в финале «Реформационной» симфонии проглядывают марши из «Майстерзингеров» и «Тангейзера». Но если во всех этих случаях еще можно пытаться говорить о простом сходстве, то когда в первой части «Реформационной» несколько раз проходит практически «в готовом виде» лейтмотив Грааля из «Парсифаля», места для сомнений уже не остается. Неизбежно напрашивается вывод: Вагнер изничтожил посмертно Мендельсона (точно так же, кстати, как и Мейербера) с тем дальним расчетом, чтобы того поменьше исполняли и слушали, а стало быть, не могли уличить его самого в том, что столетием раньше считалось в порядке вещей, но в романтическую эпоху воспринималось уже совершенно по-другому. А антисемитизм был лишь прикрытием...» (Д.Морозов, 2007).

**142) Аналогия Рихарда Вагнера.** Р.Вагнер, работая над оперой «Валькирия» (1856), использовал во втором акте этого произведения мелодию, взятую из симфонии Ф.Листа «Фауст» (работу над данной симфонией Лист начал в 1854 году). А.И.Муха в сборнике

«Музыканты смеются» (Киев, 1972) показывает одну из граней творчества Вагнера: «Один из ведущих музыкальных мотивов во втором акте «Валькирии» Рихарда Вагнера полностью заимствован из симфонии Листа «Фауст». Когда на одном из вечеров Лист исполнял своего «Фауста» и дошел до этого места в партитуре, к фортепьяно приблизился Вагнер и шутливо сказал: «Папочка, именно этот мотив я присвоил» (А.И.Муха, 1972). Наталья Саенко в статье «Музыканты тоже дерутся. На дуэлях» (украинская газета «Вечерние вести», 25.08.2009 г.), напоминая, что Вагнер приходился зятем Листу, отмечает: «Вагнер, женатый на дочери композитора, частенько по-родственному пользовался его музыкальным материалом. Например, один из ведущих мотивов во втором акте вагнеровской «Валькирии» полностью заимствован из симфонии Листа «Фауст» (Н.Саенко, 2009).

**143) Аналогия Рихарда Вагнера.** Р.Вагнер при создании оперы «Парсифаль» (1882) по аналогии перенес в нее мелодию кантаты Ф.Листа «Колокола Страсбургского собора» (1875). Янош Ханкиш в книге «Если бы Лист вел дневник» (Будапешт, 1963) пишет: «Известно, что Вагнер заимствовал мотив «Парсифаля» из «Колоколов Страсбургского собора» Листа, которые он слышал при первом исполнении их в Будапеште в 1875 году. На одной из первых репетиций Вагнер внезапно крикнул Листу: «Слушай, сейчас будет что-то твое». Зазвучала листовская тема, и Лист ответил: «Что ж, значит услышу ее еще раз» (Ханкиш, 1963, с.62). Об этой же аналогии пишет Н.К.Рерих в статье «Сантана» (журнал «Грани эпохи», 2001, № 7): «Не отличить, где заимствование, а где еще какой-то новый уклон мысли. Вагнер говорил Листу: «Теперь заткни уши, эти две страницы от тебя взяты». А сколько аналогий, вольных и невольных, среди творений старых мастеров» (Н.К.Рерих, 2001).

**144) Аналогия Рихарда Вагнера.** Р.Вагнер в процессе работы над оперой «Тристан и Изольда» (1859), а также при создании оперы «Валькирия» (1856), а именно сцены из этого произведения «Зимние бури», обращался к музыкальным идеям, заимствованным из творческого наследия итальянского композитора Винченцо Беллини. Например, Вагнеру очень нравилась опера Беллини «Норма» (1831). Г.Чичерин в книге «Моцарт» (Ленинград, «Музыка», 1971) сообщает: «Известно, что Вагнер страстно любил Беллини и в свой бенефис, будучи капельмейстером рижской оперы, поставил «Норму». В «Зимних бурях», в нежных септаккордах и нонаккордах «Тристана» чувствуются, между прочим, и отзвуки Беллини, но всецело всосанные в новое явление. В истории такие случаи часты» (Чичерин, 1971, с.33).

**145) Аналогия Рихарда Вагнера и Джузеппе Верди.** Р.Вагнер и Д.Верди многое переняли и ассимилировали в своих сочинениях у Джакомо Мейербера (1791-1864). М.Шапиро в книге «100 великих евреев» (2004) пишет: «Десять великих опер Вагнера и более двадцати опер Верди свидетельствуют о прямом влиянии Мейербера на их содержание и форму. Мейербер экспериментировал с оркестровым исполнением, и каждое новое его сочинение исполнялось все большим составом оркестра. Слушателю приходилось прилагать немало усилий, чтобы понять, впервые слушая оперу Мейербера, какой композитор является ее автором: ранний Вагнер или ранний Верди?» (М.Шапиро, 2004). А.Н.Серов в книге «Русалка. Опера А.С.Даргомыжского» (1953) пишет о творчестве Верди: «...В новейшее время Верди прямо подражает Мейерберу в стремлении к драматизму, в мелодраматических эффектах и во многих приемах оркестровки, угождая между тем «итальянскому вкусу» площадную плоскостью своих мелодий и рутинною их выкройкою, сообразно требованиям певцов» (Серов, 1953, с.41). Об этой аналогии Вагнера и Верди (в первую очередь, Вагнера) пишут многие музыковеды. И.И.Соллертинский в книге «Джакомо Мейербер» (Ленинград, 1936) указывает: «Влияние Мейербера на современных ему композиторов было значительно: его не избегли даже хулители. И «Риенци», и «Летучий голландец», и даже «Тангейзер» Вагнера обнаруживают огромное количество «мейерберизмов». А это красноречивее всего другого свидетельствует о том, что при кажущейся художественной беспринципности и в известной мере бесспорном эклектизме Мейербер создал в музыкальном театре свой стиль большой

помпезной «обстановочной» оперы с характерной драматургической композицией и индивидуальными оркестровыми приемами» (И.И.Соллертинский, 1936). Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) констатирует: «Из немецких композиторов под сильным обаянием Мейербера находился никто иной, как его ожесточенный противник Рихард Вагнер от «Риенци» вплоть до «Лоэнгрина», где следы мейерберовских влияний чувствуются, например, в дивном дуэте между Лоэнгрином и Льзой в третьем акте» (Браудо, 1930, с.201). Евгений Майбурд в статье «Гений и злодейство. Евреи для Вагнера. Вагнер для евреев» (альманах «Еврейская старина», № 5 (58), сентябрь-октябрь 2008 г.) пишет об искусстве Мейербера: «...В свое время его искусство пользовалось громадной популярностью. Уже поэтому Вагнер не мог не подвергнуть критике его музыку и его оперу. Сие было неизбежно, сие было неотвратимо – ведь Вагнер имел свое представление о том, какой должна быть опера. А были такие, кто находил в операх Вагнера влияние Мейербера! Это бесило молодого композитора – возможно, потому, что он действительно пошел однажды по пути Мейербера, создав «Риенци» (Е.Майбурд, 2008). Наконец, о подражании Вагнера Мейерберу можно догадаться из следующего высказывания Г.Ловцкого, который в статье «Н.А.Римский-Корсаков. Источники его творчества» (журнал «Современные записки», 1921, книга VI) подчеркивает: «Когда вспоминаешь, каких усилий стоило, например, Рихарду Вагнеру пробраться через дебри италянизма, подражания мейерберовской большой опере в «Риенци», чтобы придти впервые в «Летучем голландце» к своей интимной мелодии, оцениваешь особенно те случаи в истории искусства, когда художник сразу попадает на верную дорогу» (Ловцкий, 1921, с.96).

**146) Аналогия Джузеппе Верди.** Д.Верди в процессе работы над оперой «Сила судьбы» (1862) включил в ее финал мелодию хорового сочинения *miserere* («Мизерере»), автором которого является итальянский композитор 18 века Григорио Аллегри. Это как раз та мелодия, которая два раза в год исполнялась в Сикстинской капелле, будучи собственностью церкви, и которая была тайно вывезена из указанной капеллы юным Моцартом. Будущий великий композитор после нескольких прослушиваний запомнил мелодию и позже записал ее. О том, что Моцарт смог ее запомнить и приложить руки к ее распространению вопреки запрету, пишет Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002): «В Италии с ним (с Моцартом – Н.Н.Б.) произошел такой случай. Находясь в Риме, в Сикстинской капелле, во время исполнения многоголосного хорового сочинения «Мизерере» итальянского композитора XVIII века Аллегри, Моцарт запомнил его и, придя домой, записал. Произведение это считалось собственностью церкви и исполнялось всего два раза в год. Выносить ноты из церкви или переписывать их запрещалось под страхом тяжелого наказания» (Горбачева, 2002, с.74).

**147) Аналогия Антона Брукнера.** Австрийский композитор А.Брукнер при создании своей Восьмой симфонии (1887) по аналогии перенес в нее фрагменты музыки из оперы Р.Вагнера «Тристан и Изольда» (1859), а также из последнего 32-го квартета Бетховена. Кроме того, в начальной части Третьей (1873) и Девятой (1890) симфоний А.Брукнер по аналогии использовал мелодические обороты Девятой симфонии Бетховена (1824). Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988) пишет: «Отношения сходства, как и другого рода связи, пронизывают музыку многих столетий. Брукнер в медленной части Восьмой симфонии, несомненно, одного из самых прекрасных среди его многочисленных и проникновенных адажио, воздает должное двум композиторам-предшественникам, нисколько не теряя при этом своего «Я». Основной ритмический рисунок в аккомпанементе первой темы напоминает ритм любовного дуэта из второго акта «Тристана»... тогда как выбор тональности ре-бемоль мажор определенно связывает эту музыку с последним квартетом Бетховена соч.135. Что Брукнер пытался подражать Бетховену, явствует из того, на каком композиционном решении он в ряде характерных случаев останавливает свой выбор. Многие начала в его симфониях – особенно в Третьей и Девятой – возникли под широко

раскинувшейся сенью Девятой Бетховена. Та же Девятая послужила образцом и для медленной части брукнеровской Седьмой» (Лайнсдорф, 1988, с.38).

**148) Аналогия Дмитрия Бортнянского.** Выдающийся русский композитор Д.С.Бортнянский (1751-1825) при создании своих духовных хоровых концертов использовал мелодии народных песен: как русских, так и украинских. Константин Ковалев в книге «Бортнянский» (Москва, «Русское слово», 1998) говорит о произведениях Бортнянского: «В каждой почти строке его концертов узнаются и поныне мелодии народных песен. Тут и известная «Вдоль по улице метелица метет», и легендарная в будущем «Камаринская», и украинские и русские песни, такие, как «Разве ты не знаешь, где моя хата», «Ехал казак за Дунай», «Ах ты, матушка, голова болит», «Взойду я на гору», и мелодии мазурок, и многое-многое другое. Результат такого синтеза был поразителен. Самые сведущие и изысканные знатоки европейской музыки, приезжие композиторы бывали потрясены услышанными хорами Бортнянского» (Ковалев, 1998, с.290). Далее К.Ковалев отмечает перспективы открытия новых граней и особенностей музыки Бортнянского: «...Год от года творчество Дмитрия Степановича осмысливается все шире. Все больше и больше находят у него народных песенных мотивов, раскрываются целые обороты из народных песен и мелодий в его хоровых и инструментальных сочинениях» (там же, с.469).

**149) Аналогия Михаила Глинки, Гектора Берлиоза и Жоржа Бизе.** М.Глинка, Г.Берлиоз и Ж.Бизе почерпнули ряд музыкальных идей и приемов у немецкого композитора Карла Вебера (1786-1826). Определенное влияние на указанных композиторов оказали оперы Вебера «Прециоза» (1820) и «Оберон» (1826). Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) отмечает: «Среди французских музыкантов горячим приверженцем Вебера был Берлиоз, отразивший некоторые своеобразные приемы веберовской инструментовки в своей собственной оркестровой колористике. Далее прелестная игра испанских мелодий и ритмов веберовской «Прециозы» возродилась в испано-цыганской опере Бизе «Кармен». Под влиянием Вебера находился и основатель русской национальной оперной школы Глинка. Говоря о влиянии Вебера на русскую музыку, можно заметить, что партитура той самой оперы «Оберон», которая оказала известное воздействие на творческую фантазию Глинки, хранится в Ленинградской публичной библиотеке, куда она поступила от сына Вебера, Макса Мария Вебера, который был первым биографом своего отца и собрал литературные заметки его» (Браудо, 1930, с.182-183).

**150) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка использовал в своем творчестве музыкальные идеи и приемы многих европейских композиторов, причем, на одном из этапов своей творческой жизни он многое перенял у Моцарта, Керубини и Бетховена. Б.Асафьев в книге «Русская музыка» (1968) пишет о Глинке: «Чтобы сочинить увертюру к «Руслану», надо было великолепно усвоить смысл и конструкцию этой формы у Моцарта, Керубини и Бетховена. Чтобы сочинить в 1838 г. в России марш Черномора, надо было понять дух и приемы романтической гармонии. Чтобы написать ярко драматическую музыку к пьесе «Князь Холмский», надо было вдуматься в бетховенского «Эгмонта». Примеров много. Их можно было бы приводить без конца» (Асафьев, 1968, с.12-13). Необходимо обратить внимание на то, что Глинка ассимилировал и включил (инкрустировал) в свою оперу «Иван Сусанин» (1836), иначе называемую «Жизнь за царя», элементы (мелодические обороты) произведений И.С.Баха. Т.Чередниченко в статье «Русская музыка и геополитика» (журнал «Новый мир», 1995, № 6) констатирует: «Вспомнить об И.С.Бахе необходимо еще и потому, что Глинка брал уроки композиции у его «внучатого» ученика З.Дена. Многие в «Жизни за царя» (написанной как раз по возвращении в Россию после занятий с Деном) от впитанной в Германии традиции духовных кантат и пассионов. В частности, Глинка инкрустировал в партию Сусанина и его детей особые мелодические обороты – так называемые риторические фигуры, имевшие в баховские времена символический «перевод» (Т.Чередниченко, 1995).

**151) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка создал один из своих вариационных циклов, имеющих законченный тематический характер, по аналогии заимствовав и обработав путем импровизации ряд мелодий из оперы Моцарта «Волшебная флейта» (1791). В.С.Рогожникова в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Моцарт в зеркале времени: текст в тексте» (Москва, 2008) пишет: «М.И.Глинка на основе материала оркестрового сопровождения к хору слуг из первого действия «Волшебной флейты» создает свою тему вариаций, придав заимствованному фрагменту законченный тематический характер» (Рогожникова, 2008, с.21).

**152) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка (1828) написал известный романс на стихи А.С.Пушкина «Не пой, красавица, при мне ты песней Грузии печальной» благодаря тому, что по аналогии заимствовал мелодию грузинской песни, которую ему напел писатель А.Грибоедов. Интересно, что в первоначальном варианте стихов Пушкина звучали слова «Не пой, волшебница, при мне». Об этой аналогии М.Глинки повествуют многие музыковеды и просто люди, интересующиеся музыкой. А.М.Скабичевский в очерке «Александр Грибоедов. Его жизнь и литературная деятельность» (Санкт-Петербург, 1893) пишет: «...Грибоедов два раза побывал у старого своего приятеля П.А.Каратыгина, и к этому же времени относится, по всей вероятности, не помеченное годом замечание М.И.Глинки в его записках: «Провел около целого дня с Грибоедовым, автором комедии «Горе от ума». Он был очень хороший музыкант и сообщил мне тему грузинской песни, на которую вскоре потом Пушкин написал романс «Не пой, волшебница, при мне...» (А.М.Скабичевский, 1893). М.А.Цявловский в книге «Статьи о Пушкине» (Москва, издательство АН СССР, 1962), проведя историко-музыкальный анализ, заключает: «Таким образом, мы приходим к выводу, что Грибоедов сообщил Глинке мелодию грузинской песни в 1828 г. Подробность, отмеченная Глинкой, что стихотворение написано Пушкиным вскоре после того, как Глинка получил от Грибоедова мелодию, вполне соответствует действительности» (Цявловский, 1962, с.385). «Грибоедов, - уточняет М.А.Цявловский, - во время своих путешествий по Кавказу услышал и записал грузинскую песню. Во второй половине мая – до 6 июня 1828 г. Грибоедов в Петербурге сообщил эту мелодию Глинке (показания самого Глинки)» (там же, с.389). Реконструкция А.М.Скабичевского и М.А.Цявловского подтверждается точкой зрения Ю.Хечинова и Л.Лернера. Юрий Хечинов в статье «Превратности столичной жизни» (журнал «Наука и жизнь», 2003, № 10) пишет о Грибоедове: «У него стоял рояль, на котором он любил музицировать, а однажды, встретившись с тогда уже известным композитором Михаилом Глинкой, Грибоедов наиграл несколько полюбившихся грузинских мелодий. Мотив одной мелодии известный композитор использовал при написании романса на слова Пушкина «Не пой, красавица, при мне» (Ю.Хечинов, 2003). Леонид Лернер в статье «Я помню чудное мгновенье» (журнал «Чайка», № 18 (29) от 24 сентября 2004 г.) говорит: «И ведь именно Грибоедов напел Глинке грузинскую мелодию, из которой потом явился знаменитый романс на слова Пушкина» (Л.Лернер, 2004).

**153) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка (1831) сочинил одно из своих произведений под названием «Миланская серенада», которую потомки позже назовут «Блестящий дивертисмент», благодаря заимствованию и переработке музыки итальянского композитора Винченцо Беллини из его оперы «Сомнамбула» (1831). Леонид Лернер в статье «Я помню чудное мгновенье» (журнал «Чайка», № 18 (29) от 24 сентября 2004 г.) рассказывает: «Проехав всю Европу, осенью Глинка прибыл в Милан. В тот же вечер сидел в Ля Скала, слушая «Сомнамбулу» Беллини. «Знаменитая Паста пела с живейшим восторгом, сама плакала и заставляла публику плакать». Эта опера так его захватила, что всю зиму в Милане он сочинял вариации на музыку Беллини» (Л.Лернер, 2004).

**154) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка (1831) в одной из своих серенад, сочиненных в период пребывания в Италии, использовал музыку из оперы Г.Доницетти «Анна Болейн» (1830). М.Глинка создавал вариации на тему этой оперы. В.В.Успенский в книге «Глинка» (Ленинград, 1950) повествует: «Бродя над озером, лежа в густой, душистой траве, Глинка мысленно подводил итоги всему, что ему удалось услышать в Италии. Начал писать серенады на темы из опер: «Сомнамбулы» Беллини и «Анны Болейн» Доницетти...» (Успенский, 1950, с.51). «Серенада, на тему «Анны Болейн», задуманная для фортепиано, арфы, альты, виолончели, фагота и валторны, - поясняет В.В.Успенский, - была почти закончена. Глинка принялся за вторую серенаду на тему «Сомнамбулы» Беллини, давно уже набросанную вчерне для двух скрипок, альты, виолончели, контрабаса и фортепиано. Но чем быстрее двигалась работа, тем сильнее испытывал композитор недостаток в толковых и понимающих музыку слушателях» (там же, с.51).

**155) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка, сочиняя музыку для оперы «Иван Сусанин» (1836), иначе называемой «Жизнь за царя», по аналогии перенес в эту оперу мелодию песни лужского извозчика, то есть извозчика из города Луга, которую Глинка случайно услышал и быстро записал. И.Андроников во 2-ом томе книги «Избранное в двух томах» (1975) повествует: «В первой арии Сусанина Глинка использовал тему песни, которую слышал от извозчика в городе Луге, эта тема снова звучит в последней сцене в ответе Сусанина полякам: «Туда завел я вас, куда и серый волк не забегал». В аккомпанементе Глинка, по его словам, «имел в виду нашу известную разбойничью песню «Вниз по матушке по Волге». Подлинная народная песня в «Иване Сусанине» только одна. Но источником собственной музыки служили Глинке мелодии народных песен. Вот почему он говорил о «чисто русском характере» своей оперы, а современники отмечали в речитативах «Ивана Сусанина» «интонацию русского говора» (Андроников, 1975, с.144). Об этом же сообщает В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950): «Лужский извозчик, встретившийся по дороге, нахлестывал лошадь, пел какую-то песню. Ветер уносил слова, но напев отзывался в душе и тут же преобразовывался в тему Сусанина. Где-то в дороге, за Новгородом, в тихий вечерний час, от запаха влажной весенней земли, от блеска воды, от звуков гулянья, которые доносились из ближней деревни, вдруг явственно зазвучал в ушах русский хор: «Разгулялася, разливалась вода вешняя по лугам...» и Глинка, разложив на коленях нотный лист, в полутьме набрасывал карандашом мелодию. За дорогу опера заметно подвинулась, и в Новоспасском Глинка выскочил из кареты счастливый, бодрый, готовый писать весь день напролет» (Успенский, 1950, с.60). Реконструкция И.Андроникова и В.В.Успенского подтверждается описанием С.И.Селивановой, которая в книге «Русский фольклор: основные жанры и персонажи» (Москва, «Логос», 2008) констатирует: «Мелодии и тексты народных песен искусно вплетались в художественную ткань классической музыки. Главная тема песни «Что гадать о свадьбе» в опере М.И.Глинки «Жизнь за царя» («Иван Сусанин») записана великим русским композитором со слов лужского извозчика» (С.И.Селиванова, 2008).

**156) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка при работе над оперой «Иван Сусанин» (1836) по аналогии включил в нее мелодию своего романса на стихи Антона Дельвига «Не осенний чистый дождичек». В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950) повествует: «Осенью Дельвиг опять предложил Глинке слова для романса. Обдумывая новый романс, Глинка услышал в напевах, приходивших на ум, что-то иное, чего не было в его прежних «русских песнях». Теперь мелодия явно переросла слова, в ней звучала истинная народность. Стихотворение Дельвига «Не осенний чистый дождичек» все еще отдавало стилизацией. Несоответствие между музыкой и стихами не давало покоя Глинке. Закончив песню, Глинка решил про себя, что со временем непременно подыщет к ней другие слова. Действительно, много позднее эту мелодию Глинка использовал для арии Антонида в опере «Иван Сусанин» (Успенский, 1950, с.45).

**157) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка перенес в оперу «Иван Сусанин» («Жизнь за царя», 1836) мелодию своего же знаменитого хора «Славься», который он написал, участвуя в конкурсе на создание государственного гимна России начала 19 века. Как известно, в этом конкурсе победил А.Львов, автор мелодии на слова В.Жуковского «Боже, царя храни». Полина Халабузарь в статье «Вы можете напеть мелодию Глинки?» (газета «Культура», № 3 (7114), 29 января-4 февраля 1998 г.) пишет: «Старый, дореволюционный гимн был утвержден царем Николаем I после конкурса, в котором принимал участие и М.И.Глинка. Именно тогда был написан знаменитый хор «Славься», это была хвалебная песня царю и отечеству. Но победил в конкурсе композитор А.Львов (директор придворной певческой капеллы), создавший торжественную молитвенную мелодию, слова к которой «Боже, царя храни» написал поэт В.Жуковский. А Глинка использовал свою мелодию «Славься» позднее в финале оперы «Жизнь за царя» (П.Халабузарь, 1998).

**158) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка в значительном количестве своих творений, в частности, в опере «Руслан и Людмила» (1842) по аналогии использовал восточные мотивы (мелодии восточных песен и напевов). И.А.Корзухин в очерке «Н.Римский-Корсаков и Рихард Вагнер» (Берлин, 1910) повествует: «...Славяне, в сущности говоря, никогда не теряли связи с востоком. И вся, как доисторическая, так и историческая жизнь их всегда была теснейшим образом переплетена с жизнью их соседей – тех или иных восточных народов. Это обстоятельство, хотя, может быть, совершенно интуитивно, было постигнуто гениальным основателем музыкального русского искусства – Глинкой, который в своем «Руслане» широко использовал возможности, открывающиеся для музыканта в восточной музыке. С этих пор восточный элемент почти у всех русских композиторов стал излюбленной областью применения фантазии и изобретательности» (И.А.Корзухин, 1910). Об этом же говорит В.Н.Прищепенко в статье «Русский музыкальный гений» (газета «Дуэль», № 25 (373) от 22 июня 2004 г.), описывая один из периодов жизни Глинки: «В 1823 году он совершил поездку на Кавказ. Знакомство с музыкой нерусских народов Кавказа (и на Северном Кавказе, и в Закавказье издревле жили и русичи!) оставило след в творческом сознании юного музыканта и отразилось в его позднейших произведениях на восточную тематику, особенно ярко – в некоторых сценах оперы «Руслан и Людмила» (В.Н.Прищепенко, 2004).

**159) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка включил в оперу «Руслан и Людмила» (1842) мелодию лезгинки, которую ему в свое время наиграл знаток музыки крымских татар, выдающийся художник И.К.Айвазовский. Кроме того, одну из песен крымских татар, услышанную от Айвазовского, Глинка положил в основу арии Ратмира из той же оперы. В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950) повествует: «Однажды у Кукольника Глинка встретился с учеником Академии художеств Айвазовским. Он мастерски пел дикую крымскую песню, сидя по-татарски на полу, раскачиваясь и придерживая у подбородка скрипку. Татарские напевы Айвазовского очень понравились Глинке, его воображение с юности привлекало восток. Давно назревавшее решение окончательно утвердилось. Два напева вошли со временем в лезгинку, а третий – в сцену Ратмира в третьем акте оперы «Руслан и Людмила» (Успенский, 1950, с.65-66). Л.Вагнер и Н.Григорович в книге «Повесть о художнике Айвазовском» (Москва, 1958) пишут об Айвазовском, произнося его фамилию как Гайвазовский: «У Брюллова он застал Глинку. Когда молодой художник, сердечно напутствуемый Брюлловым, собирался уходить, Глинка задержал его и сел к роялю. Композитор начал играть с таинственным выражением на лице. Уже первые аккорды заставили Гайвазовского встрепетаться: он узнал восточные танцы и напевы, которые исполнял на скрипке и пел для Глинки у Кукольников год назад. Глинка кончил и, повернувшись к Гайвазовскому, сказал: «Давно я задумал сказочную оперу «Руслан и Людмила». Ваши восточные напевы как нельзя большегодились мне для этой оперы» (Л.Вагнер, Н.Григорович, 1958). Что касается мелодии лезгинки, вплетенной в ткань оперы «Руслан и Людмила», то об этой аналогии Глинки замечательно сказал Ю.А.Жданов в книге

«Социокультурное единство» (2-й том сочинений Ю.А.Жданова «Избранное», 2001): «Идет кавказская война, воюют горцы против русских солдат, а композитор Глинка вводит бурную лезгинку в оперу «Руслан и Людмила», и она органично сочетается с балладой Финна, напевами хазарского князя Ратмира, языческой славянской стариной. И для Глинки это не прием, а миропонимание» (Ю.А.Жданов, 2001).

**160) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка в процессе работы над оперой «Руслан и Людмила» (1842) по аналогии включил в нее мелодию народной финской песни, которую он случайно услышал от финского извозчика, когда возвращался домой из Выборга. Об этой аналогии М.Глинки пишут многие авторы. Так, Ф.М.Оржиховская в книге «Пять портретов» (Москва, 1971) рассказывает: «Глинке уже за двадцать. Он возвращается домой из Выборга. Северная белая ночь; пейзаж однообразный, пасмурный. И в полном соответствии с этим пейзажем молчаливый финн, который вез Глинку, затягивает песню на своем языке. Напев печальный, однообразный, без начала и без конца. Но почему-то хочется, чтобы он не умолкал. Доехав до места, Глинка расплатился с возницей и поднялся к себе. Унылый мотив все еще раздавался в ушах» (Оржиховская, 1971, с.32). Далее Ф.М.Оржиховская конкретизирует процесс переноса Глинкой песенки финна в оперу «Руслан и Людмила»: «Он уже писал свою вторую оперу и дошел до встречи Руслана с волшебником Финном. И тут ожили воспоминания: белая ночь среди черных сосен, грустная песенка возницы...» (там же, с.32). «Но, с другой стороны, - продолжает Ф.М.Оржиховская, - народная финская песенка, запомнившаяся композитору, была прекрасна именно своей простотой, своим грустным однообразием: она не поддавалась варьированию, разве только чуть-чуть. А отказаться от нее было невозможно, ибо в ней-то вся суть, вся душа доброго, простосердечного Финна, не забывшего свою первую любовь» (там же, с.33). Об этом же пишет Анна Керн в книге «Воспоминания о Пушкине» (Москва, «Советская Россия», 1987): «Мы отправились обратно к линейке, а Глинка поехал с Сомовым в тележке. На одной станции, куда перепрягали лошадей, мы заметили, что Михаил Иванович с карандашом в руке и листком бумаги, стоя за полуразрушенным сараем, что-то пишет, а его возница перед ним поет какую-то заунывную песню. Из этого мурлыканья чухонца Глинка выработал тот самый мотив, который так ласково и грустно звучит в арии Финна, в опере «Руслан и Людмила». Надобно было слышать потом, как Глинка играл этот мотив с вариациями и что он сделал из этих нескольких полудиких и меланхолических тонов!» (А.Керн, 1987). Об этом же повествует В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950): «По временам заглядывал к Глинке в Качановку его пансионный товарищ – поэт, историк, этнограф, - соседский помещик Николай Андреевич Маркевич. Он взялся набросать слова для баллады Финна, которую Глинка обдумывал на тему песни финского ямщика, услышанной давно, во время поездки на Иматру с Дельвигом. Но Глинка так быстро писал балладу, что Маркевич не успевал подкидывать текст» (Успенский, 1950, с.69).

**161) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка в опере «Руслан и Людмила» (1842) использовал арабскую мелодию, которую положил в основу хора «Ложится в поле мрак ночной». Некоторые музыковеды считают, что впоследствии Иоганн Штраус употребил ту же самую арабскую мелодию при создании своего «Персидского марша». Ю.А.Жданов в книге «Социокультурное единство» (2-й том сочинений Ю.А.Жданова «Избранное», Ростов-на-Дону, 2001) отмечает: «В одном случае Глинка обработал тему, которую использовал другой европейский композитор, Иоганн Штраус. Речь идет о хоре из «Руслана», «Ложится в поле мрак ночной», и «Персидском марше» венского музыканта» (Ю.А.Жданов, 2001). Леонид Тулунский в статье «Гениальная мелодия» (сайт «Проза ру», 2005) повествует: «Однажды я напевал мелодию «Персидского марша» и был уверен, что напеваю марш И.Штрауса. Супруга же уверяла меня: Ты поешь персидский танец М.Глинки из оперы «Руслан и Людмила». Мы нашли ноты музыки этих композиторов. Оказалось, оба композитора в своих произведениях использовали одну и ту же народную персидскую мелодию» (Л.Тулунский,

2005). М.В.Сайфуллина в статье «Отражение восточной ментальности в мировой музыкальной культуре» («Вестник ТГПУ», 2004, выпуск 2 (39), серия: гуманитарные науки) подчеркивает: «Глинке удалось очень органично проникать в самую суть арабского и персидского фольклора. Его изящные и изысканные мелодии «Персидского хора» и «Арии Ратмира» из оперы «Руслан и Людмила», романсы на восточную тему – тому примеры» (Сайфуллина, 2004, с.155). Здесь ТГПУ – Томский государственный педагогический университет. Наконец, сам М.Глинка раскрывает происхождение указанной мелодии. В 1-ом томе двухтомного собрания работ М.И.Глинки «Литературное наследие» (Ленинград-Москва, «Музгиз», 1952-1953) Глинка сообщает: «Осенью того же года у Штерича я слышал персидскую песню, петую секретарем министра иностранных дел Хозрева Мирзы. Этот мотив послужил мне для хора «Ложится в поле мрак ночной» в опере «Руслан и Людмила» (Глинка, 1952, с.112). Азербайджанские музыковеды указывают, что персидская песня, о которой говорит Глинка, – это мелодия песни классического азербайджанского народного репертуара – «Галанын дибиндэ» («У подножия крепости»). Здесь отметим, что Штерич Евгений Петрович (1809-1833) – друг Глинки, чиновник министерства иностранных дел.

**162) Аналогия Михаила Глинки.** М.И.Глинка перенес в свое произведение «Руслан и Людмила» следующий эпизод, который имел место в его жизни. В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950) рассказывает: «...Слух Глинки, как и всегда, повсюду ловил музыкальные впечатления, могущие потом пригодиться в работе над оперой: так, однажды, присутствуя во дворце на обручении великой княгини, Глинка уловил сочетание звуков оркестра, придворного хора, стука посуды, звона вилок, ножей и бокалов, доносившихся из зала, и это звучание ввел потом в сцену свадебного пира «Руслана» (Успенский, 1950, с.72).

**163) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка написал оркестровую пьесу «Арагонская хота» (1845) на основе мелодии, которую он по аналогии заимствовал из народных песен и танцев Испании, а именно из испанского народного танца, тему которого он слышал в исполнении гитариста-любителя. Тот же испанский музыкальный фольклор был ассимилирован М.Глинкой при разработке оркестрового сочинения «Ночь в Мадриде» (1848). В.Н.Прищепенко в статье «Русский музыкальный гений» (газета «Дуэль», № 25 (373) от 22 июня 2004 г.) сообщает: «После Парижа Михаил Иванович Глинка поехал в Испанию, где провел два года (1845-1847), изучая испанскую народную музыку и записывая мелодии народных песен и танцев. В конце 1845 года он написал оркестровую пьесу «Блестящее каприччио на тему арагонской хоты». В основу этой оркестровой пьесы М.И.Глинка положил мелодию широко распространенного испанского народного танца, слышанную им в исполнении гитариста-любителя. Несколько записанных в Испании народных мелодий впоследствии послужили Глинке материалом для оркестрового сочинения под названием «Воспоминание о летней ночи в Мадриде», или «Ночь в Мадриде» (1848; переработано в 1851)» (В.Н.Прищепенко, 2004). Об этом же говорит Р.Пименова в статье «Колорит Испании» (газета «География», 2001, № 18): «М.И.Глинка жил в Испании в 1845-1847 гг. и хорошо изучил быт народа, его песни, танцы, полюбил страну, обрел здесь много друзей. Глинка изучал фольклор разных областей – от Каталонии до Андалусии. В дневниках композитора много говорится о красотах испанских фольклорных мелодий. Из испанских впечатлений родились гениальная «Испанская увертюра», «Арагонская хота», «Ночь в Мадриде». В испанской теме Глинка словно бы утвердил связь народного и профессионального, следуя традициям, сложившимся в процессе его работы над русской музыкой. «Арагонская хота» имела для Глинки значение творческого эксперимента: эта попытка применения национальных элементов в «серьезной» музыке предварила создание знаменитой глинкинской «Комаринской». А небольшая его пьеса «Испанский танец» дала образец разработки фольклорной танцевальной темы, и по этому пути пошли испанские композиторы Альбенис и Гранадос» (Р.Пименова, 2001). Наконец, указанная аналогия Глинки описывается В.В.Успенским в книге «Глинка» (1950): «...Не горные виды нужны были Глинке, он жадно

ловил испанскую музыку, пение и пляску. В этом русском композитору помогал сосед его, гитарист. Он отлично, на тысячу ладов играл на гитаре арагонскую хоту, знал немало народных напевов, его импровизации на народные темы глубоко врезались в память. Бродя по окрестностям, деревням и предместьям, Глинка часто подсаживался к крестьянам и записывал интересные, характерные темы» (Успенский, 1950, с.79).

**164) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка, создавая музыку к драме «Князь Холмский» (1840), по аналогии перенес в нее известную еврейскую мелодию. Затем русский композитор ввел эту мелодию в свой вокальный цикл «Прощание с Петербургом» (1840). Илья Хейфец в статье «Еврейские мотивы в русской музыке» (журнал «Лехаим», № 7 (183), июль 2007 г.) пишет о Глинке: «Именно он (и именно в жанре романса) первым обратился к еврейской теме. Его «Еврейская песня», написанная первоначально для драмы Нестора Кукольника «Князь Холмский», а позднее включенная автором в сборник «Прощание с Петербургом», является ярким примером внедрения еврейских (а точнее, хасидских) элементов в русскую художественную музыку» (И.Хейфец, 2007). Говоря об удивительной способности М.Глинки использовать музыкальный фольклор (мелос) разных народов в своих произведениях, Ю.Арбатский в книге «Этюды по истории русской музыки» (Нью-Йорк, издательство им.А.П.Чехова, 1956) отмечает: «Следует подчеркнуть, что вообще Глинка исключительно счастлив в заимствованиях элементов мелоса, не только русского, но и носящего признаки других национальностей; не без непосредственного влияния приемов Запада его времени он воспроизводит национальный колорит Испании в «Араганской хоте» и в «Ночи в Мадриде», Польши – в «Жизни за царя», употребляет подобие арабских и персидских музыкальных моделей в «Руслане и Людмиле» и отдает дань еврейскому фольклору (ария Рахили: «С горных стран пал туман на долины...») в «Князе Холмском» (Ю.Арбатов, 1956).

**165) Аналогия Михаила Глинки.** М.Глинка во время сочинения в Варшаве симфонической фантазии «Камаринская» (1848) по аналогии перенес в нее мелодию русской свадебной песни «Из-за гор, гор, высоких гор». В.В.Успенский в книге «Глинка» (1950) рассказывает: «Еще в 1840 году в Новоспаском Глинка однажды услышал протяжную свадебную песню. Женщины и девушки, сидя кружком на скошенном лугу между гумен, чесали лен и пели: «Из-за гор, гор, высоких гор». Пели сильные, свежие женские голоса, и в чистом, точно стеклянном осеннем воздухе песня лилась широко, просторно. Песня оживила воспоминания детства, напоминала что-то еще, а что именно – Глинка не уловил. Потом он часто возвращался к этой песне, и всякий раз она вызывала какое-то милое сердцу, но неясное воспоминание. Теперь, в Варшаве, эта русская песня снова стала припоминаться, с каждым разом все настойчивей, как бы перебивая испанские темы, занимавшие Глинку в то время. Задумываясь над мелодией, Глинка пришел к выводу, что эта свадебная песня имеет тематическое сходство с плясовой – «Камаринской» (Успенский, 1950, с.82). Об этом же сообщают и другие авторы. Тазрет Елоев в статье «Гордость земли Смоленской» (газета «Московская перспектива», № 43 от 25 октября 2005 г.) пишет о Глинке: «В деревне он услышал свадебную величальную песню «Из-за гор, гор высоких», мелодией которой начинается знаменитая «Камаринская» (Т.Елоев, 2005). Николай Мусиенко в статье «Новоспасское – рай земной» (газета «Правда», 25.05.2009 г.) указывает: «И здесь же, в родной деревне, он услышал свадебную величальную песню «Из-за гор, гор высоких», мелодией которой начинается знаменитая Камаринская» (Н.Мусиенко, 2009). Вторая русская народная песня, перенесенная Глинкой в названную симфоническую фантазию, - плясовая песня «Камаринская». Как видим, название этой песни совпадает с названием всего произведения. Д.Б.Кабалевский в книге «Про трех китов и про многое другое» (Москва, 1976) отмечает: «Но есть у Глинки несколько сочинений, целиком построенных на мелодиях народных песен. Среди этих сочинений – гениальная «Камаринская», про которую Чайковский сказал, что в ней, «как дуб в желуде», - вся русская симфоническая музыка. Две простые русские песни положил Глинка в основу этого удивительного сочинения –

свадебную песню «Из-за гор, гор высоких» и популярнейшую плясовую «Камаринскую» (Д.Б.Кабалевский, 1976).

**166) Аналогия Александра Алябьева.** А.Алябьев во многих своих произведениях (в первую очередь, романсах) опирался на музыкальный фольклор Кавказа. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) пишет: «В 1832 году Алябьеву разрешили выехать на Кавказ для проведения курса лечения. Там он провел около двух лет, изучая народную музыку грузин, армян, азербайджанцев, кабардинцев, черкесов. Итогом пребывания на Кавказе были романсы Алябьева, написанные в 1830-х годах и издававшиеся под общим заголовком «Кавказский певец». Вскоре композитор сочиняет еще несколько музыкально-драматических произведений на кавказские темы – мелодраму «Кавказский пленник» (по одноименной поэме Пушкина) и оперу «Аммалат-Бек» (на сюжет повести поэта-декабриста Бестужева-Марлинского)» (Горбачева, 2002, с.119). Об этом же повествует Раиса Хашхожева в статье «Народная музыка Кабардино-Балкарии и русские композиторы» (журнал «Литературная Кабардино-Балкария», 2008, № 6): «В Пятигорске, Кисловодске, в их окрестностях Алябьев знакомился с песнями, танцами местных народностей, с игрой и пением мастеров народного искусства. В эти годы внимание приезжих привлекал старик-музыкант из кабардинского села Бабухово, часто игравший в Пятигорске для любителей послушать горскую музыку. Надо полагать, что Алябьев слушал игру старика-кабардинца и что у него он сделал большинство своих записей. В нотных тетрадях композитора имеются наброски кабардинских танцев, песен, хора, «Черкесской увертюры». На основе услышанных мелодий им были написаны известная «Черкесская песня» («В реке бежит гремучий вал» на слова пушкинского «Кавказского пленника»), опера «Аммалат-Бек», «Кабардинская песня» (на слова А.Бестужева-Марлинского), «Мазурка кавказская» и др. В своей «Французской кадрили из азиатских песен» для фортепиано Алябьев обработал серию мелодий народов Кавказа: черкесскую, азербайджанскую, кумыкскую, грузинскую» (Хашхожева, 2008, с.124).

**167) Аналогия Милия Алексеевича Балакирева.** Лидер творческого объединения русских композиторов «Могучая кучка» М.А.Балакирев во время работы над увертюрой «Русь», имевшей две редакции (1858, 1881), перенес в данную симфоническую поэму мелодии трех русских народных песен, которые он записал в ходе своей поездки по Волге. М.А.Балакирев стоял также у истоков ассимиляции и внедрения в русскую симфонию музыки кавказских народов. Людмила Градова в статье «Универсальный язык человеческого сердца» (газета «Молодежь Эстонии», 22.11.2007 г.) повествует: «Композиторов «Могучей кучки» объединяла не только любовь к музыке вообще, но прежде всего именно к народной русской музыке. Балакирев в 60-е годы совершил поездку по Волге, записав и издав «40 русских народных песен». Он создал увертюру «Русь» на темы трех русских народных песен, а также одно из своих самых популярных произведений – фортепианную фантазию «Исламей», где использовал подлинные мелодии Кавказа, - интерес к восточной музыке и ее широкое использование в оригинальных произведениях культивировался композиторами «Могучей кучки», развивавших традиции Глинки» (Л.Градова, 2007). Говоря о том, что именно деятельность Балакирева явилась стимулом для кропотливого сбора русскими композиторами народных песен с целью их дальнейшего использования в симфонической музыке, Сергей Слонимский в статье «Балакирев-педагог» (журнал «Советская музыка», 1990, № 3) пишет: «Первичный импульс этому гигантскому творческому труду дал еще в 1860 году Балакирев, собравший, стилистически точно записавший (что ранее не удавалось никому) и по-новому обработавший русские народные песни различных жанров, бытовавших тогда на Волге. Это была первая фольклорная экспедиция русского композитора. Изданный в 1866 году балакиревский сборник народных песен Чайковский счел возможным поставить в пример Льву Толстому...» (С.Слонимский, 1990).

**168) Аналогия Милия Алексеевича Балакирева.** Учитывая обилие литературных данных, показывающих фольклорные истоки симфонической поэмы М.А.Балакирева «Исламей» (1869), мы не можем удержаться от того, чтобы не процитировать авторов, которые раскрывают эти истоки. Ф.С.Эфендиев в книге «Этнокультура и национальное самосознание» (Нальчик, издательский центр «Эль-Фа», 1999) пишет: «Многие кавказские легенды, предания стали основой для создания произведений искусства русских композиторов. Балакирев, используя кабардинские напевы, создал фортепянную фантазию «Исламей». В своем письме к немецкому композитору Э.Рейсу в 1892 году он писал: «Интересуясь тамошней народной музыкой, я познакомился с одним балкарским князем Исмаилом Урусбиевым, который часто приходил ко мне и играл на своем народном инструменте, похожем отчасти на скрипку. «Исламей» мне очень понравился, и ввиду приготовления себя к сочинению «Тамары», я занялся обработкой его для фортепиано...» (Ф.С.Эфендиев, 1999). «На Кавказе, - поясняет Ф.С.Эфендиев, говоря об «Исламее» русского композитора, - М.А.Балакирев понял первозданную прелесть кавказских мелодий и сумел воплотить их в великолепное музыкальное произведение, о котором писал великий венгерский композитор Ф.Лист: «Какая оригинальная сила и какое знание фортепянной техники!» (Ф.С.Эфендиев, 1999). Раиса Хашхожева в статье «Народная музыка Кабардино-Балкарии и русские композиторы» (журнал «Литературная Кабардино-Балкария», 2008, № 6) указывает: «Среди многочисленных произведений Балакирева видное место заняла фортепянная фантазия «Исламей», в основу которой положена стремительная кабардинская пляска, услышанная им на Кавказе. «Исламей» Балакирева явился одним из замечательных образцов русской фортепианной культуры» (Хашхожева, 2008, с.125-126). Джабраил Хаупа в статье «Черкесские мотивы в русской профессиональной музыке» («Газета Юга», № 23 (536) от 3 июня 2004 г.) сообщает: «Основатель «Могучей кучки» М.А.Балакирев, благородный и возвышенный человек, побывал на Кавказе три раза: в 1862, 1863 и 1868. Письмо к В.Стасову из Пятигорска (3 июня 1863 г.) содержит запись черкесской песни, а также увлеченное высказывание о сходстве черкесских и испанских мелодий. К записям М.А.Балакирева («Северокавказская группа») относится 11 кабардинских мелодий, а второй номер лег в основу всемирно известного «Исламея» Балакирева. Чуткое проникновение в народный мелос, умение профессионально разработать «чужой мотив» позволило создать образец фортепианной фантазии» (Д.Хаупа, 2004).

**169) Аналогия Милия Алексеевича Балакирева.** А.М.Балакирев создал симфоническую поэму «Тамара» (1882) в результате заимствования и обработки мелодий кавказских народных песен и плясок. Русский композитор часто исполнял фрагменты своей «Тамары» во время еженедельных собраний членов «Могучей кучки». Т.Попова в книге «Мусоргский» (1967) рассказывает об этих собраниях: «И творцы, и исполнители собирались у рояля, слушая игру в четыре руки Балакирева и Мусоргского. Проникнутая радостным кипением жизни, несокрушимой мощью и мужественной волевой устремленностью, музыка первой симфонии Бородина сменялась звучанием стремительно быстрой кавказской пляски. Это Балакирев показывал сочиненные им отрывки на темы кавказских народных песен и плясок из своей симфонической поэмы «Тамара» (Т.Попова, 1967). Соломон Волков в книге «История культуры Санкт-Петербурга с основания до наших дней» (Москва, «Независимая газета», 2001) констатирует: «Но особенно заманчивыми для русских композиторов оказались кавказские мелодии. Здесь пионером выступил вождь «Могучей кучки» Балакирев, который из своих путешествий по Грузии привозил в Петербург записи местных народных песен и танцев. Особенно восхищала его грузинская лезгинка: «Лучше нет танца. Страстная и грациозная гораздо больше, чем тарантелла, она доходит до величия и аристократизма мазурки». Результатом этих кавказских увлечений Балакирева стали его симфоническая поэма «Тамара» и блестящая фортепианная фантазия «Исламей», вызвавшая восторги самого Ференца Листа, приобретшая популярность у публики и до сих пор являющаяся пробным камнем для русских виртуозов» (С.Волков, 2001).

**170) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин создал ряд романсов и симфоний благодаря тому, что по аналогии перенес в свои произведения некоторые музыкальные обороты и приемы Роберта Шумана (1810-1856). Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о России» (2005) пишет о творчестве А.П.Бородина, входившего в «Могучую кучку» композиторов России 19 века: «Но музыка Шумана в высшей степени сильно и ярко отразилась и в творчестве главных деятелей «Кучки», и с не меньшей силой и в последующих поколениях русских композиторов. Применение «шуманизмов», и чрезвычайно характерных (ритмика, синкопы, мелодические профили, типичные для Шумана), преимущественно встречается у Бородина. Его романсы пронизаны шуманизмом, в том числе и его гениальный «Для берегов отчизны дальней», который я лично считаю одной из вершин этого жанра, где Бородин превзошел свой оригинал. Полны шуманизмов и даже прямых заимствований и симфонии Бородина (в особенности скерцо). Про него можно сказать, что сходя с рельс «национальных» - русских либо восточных, - он просто превращался в Шумана» (Л.Л.Сабанеев, 2005).

**171) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин в ранний период музыкального творчества ассимилировал идеи и темы из двух источников: из произведений западных классиков Баха, Гайдна, Бетховена, Шумана и из отечественного музыкального материала – сочинений Глинки и народных песен, которые восхищали его. Музыкальная мысль Бородина – продукт синтеза этих разнородных элементов. М.Ильин в книге «Бородин» («Избранные произведения» в 3-х томах, Москва, 1962) пишет о русском композиторе: «Он с детства любил народные песни, его восхищали произведения Глинки, но он не хотел отказаться и от того, чему его научили Бетховен, Гайдн и Бах. И вот под этим двойным влиянием возникают его еще незрелые, но уже полные очарования произведения. Он пишет трио «Чем тебя я огорчила» про которое Стасов говорил потом, что эта вещь написана «немного по-немецки, но под влиянием «Ивана Сусанина». Он пишет скерцо В-молл для фортепьяно. Здесь тоже сказало влияние западной музыки, но и в этой пьесе чувствуется «русский пошиб» - по выражению Щиглева» (Ильин, 1962, с.377-378). Оказавшись в составе «Могучей кучки», лидером которой был М.А.Балакирев, Бородин взглянул на деятельность композитора как на экспериментальную деятельность, некий научный поиск, требующий кропотливого сбора материала, неизбежных проб и ошибок, без которых немислим успех. Такой взгляд определялся тем, что Бородин по своей основной профессии был химиком. М.Ильин отмечает: «Когда Бородин оказался среди балакиревцев, он увидел, что для них фортепьяно тот же лабораторный стол, за которым они упорно ставят эксперименты и ведут исследования. Это была знакомая для него атмосфера кропотливых и настойчивых изысканий. Играя, они не играли, а работали, добывая руду для плавки, находя материал для музыки не в чужих образцах, а в жизни народа и в истории народа» (Ильин, 1962, с.459). Есть у юного Бородина и работы, в которых он подражает Д.Мейерберу, а именно заимствует и по-своему трансформирует мелодический материал из его оперы «Роберт Дьявол» (1830). М.Ильин говорит о 15-летнем Александре: «В следующем году Бородин написал трио для двух скрипок и виолончели на темы из «Роберта Дьявола» Мейербера. По словам Стасова, это сочинение занимало всего одну страницу, но замечательно было тем, что маленький Бородин написал его без партитуры – прямо на голоса» (там же, с.340).

**172) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин при сочинении Первой симфонии (1866) использовал восточные мелодии. М.Ильин в книге «Бородин», которая входит в 3-й том его «Избранных произведений» в 3-х томах (Москва, 1962), говорит об использовании Бородиным восточных мотивов в Первой симфонии: «Он ищет в восточных напевах и ритмах новые, еще не освоенные музыкой сокровища. Он знает: его страна – это океан, в который, как реки, вливаются разные народы. Быстрая, прихотливая восточная сказка снова сменяется раздумьем. И опять уходят вдаль, в тишину звуки виолончели» (Ильин, 1962, с.480).

С.В.Рахманинов в статье «Связь музыки с народным творчеством» (книга Рахманинов С.В. Письма, Москва, 1955) подчеркивает: «Разнообразие народного песенного материала в России почти беспредельно. На огромных просторах страны объединены разные народы. У них различные языки и различные песни. Крестьянская музыка Кавказа или Крыма, например, едва ли может считаться русской. Она – типично восточная. Это понял Бородин и с огромным успехом использовал песни этих народов в некоторых своих произведениях восточного характера» (С.В.Рахманинов, 1955).

**173) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин в процессе работы над оперой «Князь Игорь», премьера которой состоялась уже после смерти композитора в 1890 году, по аналогии перенес в нее обильный музыкальный фольклор, на сбор которого было потрачено много времени. Отметим, что А.П.Бородин создавал эту оперу с перерывами на протяжении 18 лет. Ф.М.Оржеховская в книге «Пять портретов» (Москва, 1971) описывает, как Бородин искал песенный фольклор для своего эпического произведения: «...Друзья упрекали его, что опера не двигается вперед. Он побывал в старинных русских городах: во Владимире, в Суздале; слушал в церквах пение и колокольный звон, изучал Ипатьевскую летопись. Просил Стасова свести его со знатоками восточных обычаев. Стасов знал всех и вся и вскоре разыскал венгерского этнографа Хунвальфи. Тот, оказывается, обнаружил в Венгрии целую деревню, населенную потомками древних половцев. Сохранившиеся в тех местах тюркские напевы он прислал Стасову, а тот показал их Бородину. Пригодились также сборники русских песен и мелодии, услышанные в народе, вроде песенки горничной Дуняши, которую она привезла из деревни, и запевов Давыдовского крестьянина Вахрамеича. И опера двигалась, несмотря ни на что. Бородин лепил ее крупно, рельефно, с большими ариями и ансамблями» (Оржеховская, 1971, с.103). Об этом же повествует Т.А.Ступина в книге «Эпохи. Россия, которую я люблю» (Сан-Франциско, 1994): «...Тщательно изучил все доступные ему музыкально-фольклорные материалы среднеазиатских народов, а при посредстве венгерских ученых-этнографов – также напевы потомков-половцев, еще проживавших в нескольких селениях Венгрии. С такой же тщательностью, пополняя запас личных впечатлений, изучал Бородин и старинную русскую песню. Ее материал составляет мелодическую основу оперы» (Т.А.Ступина, 1994). О постоянном обращении Бородина к музыкальному фольклору красноречиво говорит М.Ильин в книге «Бородин» («Избранные произведения» в 3-х томах, том 3, Москва, 1962): «Как сказочный титан обретал свою мощь, прикасаясь к матери-земле, так и Бородин черпал новые творческие силы, когда соприкасался со стихией народных песен. Эти песни находили живой отзвук в его душе, будили его воображение. Вот вддали в самом конце деревенской улицы послышалось пение. Это возвращаются с покоса крестьяне соседней деревни. Все слышнее голоса. Уж можно разобрать слова песни. Бородин внимательно прислушивается к тому, как подголоски то сливаются с основным напевом, то выводят свою собственную мелодию» (Ильин, 1962, с.602).

**174) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин по аналогии перенес в оперу «Князь Игорь» мелодию старинной русской песни, которую он услышал от старика Вахрамеича в селе Давыдове Владимирской области. Эту мелодию он положил в основу «Хора поселян». М.Ильин в книге «Бородин» («Избранные произведения» в 3-х томах, том 3, Москва, 1962) повествует: «Но Бородин не довольствовался случайно услышанными песнями, - он сам их разыскивал, как драгоценный материал для работы. Одну такую находку ему посчастливилось сделать на родине А.П.Дианина, в селе Давыдове Владимирской губернии. Там Бородины провели три лета подряд – с 1877 по 1879 год. С.А.Дианин рассказывает в своей статье «А.П.Бородин в селе Давыдове»: «Подобно тому, как в лесах близ Давыдова, уже основательно порубленных, все еще удавалось тогда найти, наряду с молодой порослью, могучие сосны, ели и дубы, там оказывалось еще возможным отыскать и старинные напевы прекрасных народных песен, еще жившие в памяти отдельных немногочисленных представителей старших поколений. Александру Порфирьевичу посчастливилось напасть на

одно такое сокровище, полностью нам, увы, неизвестное. Дело было так. В поисках нужной ему песни Бородин обратился к знакомому ему крестьянину деревни Новское Ивану Петровичу Лапину; этот последний привел к Александру Порфирьевичу своего родственника, старика 73 лет, некоего Вахрамеича, жившего в деревне Новая Быковка. Вахрамеич, знавший много старинных песен, сообщил Бородину какой-то новый вариант песни «про горы Жигулевские», или «про горы Воробьевские», который и лег в основу темы «хора поселян» для IV действия «Игоря». Бородин обрадовался, когда услышал еще один вариант этой песни, которую он знал и раньше по сборнику Прокунина и над напевом которой уже работал» (Ильин, 1962, с.603). «Бородин придумал, - поясняет И.Ильин, - остроумный способ использования напева цитированной песни: он не поместил ее целиком в каком-либо музыкальном номере «Игоря», а разбил ее на отдельные части – на составляющие ее мотивы («попевки»). Из этих «попевок», как некоторого рода музыкальных атомов, он создал новые прелестные и разнообразные музыкальные мысли-мелодии для своей оперы. Таким образом, «Песня про горы» получила значение какого-то скрытого наигрыша, придающего «Князю Игорю» единство при кажущемся разнообразии его музыкального содержания. В соответствии с характером напева «Песни про горы» Бородин использовал ее элементы в почти неизменном виде в наиболее трагичной части оперы – в финале 1-го действия, где для построения первой сцены употреблены два мотива: начало песни – для хора «Мужайся, княгиня» и нисходящий ход – для возгласов Ярославны» (Ильин, 1962, с.604-605).

**175) Аналогия Александра Бородина.** А.П.Бородин при работе над Третьей симфонией, которая осталась незавершенной, включил в ее художественную ткань мелодию одного из старинных церковных напевов раскольников, услышанную в Звенигородском уезде. М.Ильин в книге «Бородин» («Избранные произведения» в 3-х томах, том 3, Москва, 1962) описывает события, произошедшие в жизни композитора за два года до 1886 года: «Года за два до этого Бородин провел лето в Павловской слободе Звенигородского уезда – в «раскольниковьем краю». Александр Порфирьевич с жадным вниманием вслушивался в старинные церковные напевы раскольников. Один напев напоминал тему из «Плясок смерти» Листа. Бородин тогда записал эту погребальную мелодию. И теперь, преображенная, прошедшая сквозь его творческое воображение, эта мелодия стала темой анданте третьей симфонии» (Ильин, 1962, с.639). Отметим, что впоследствии Третью симфонию Бородина завершил выдающийся русский композитор А.К.Глазунов (1865-1936).

**176) Аналогия Александра Бородина и Николая Римского-Корсакова.** А.П.Бородин при сочинении романса «Арабская мелодия» (1885), а Н.А.Римский-Корсаков при работе над Второй симфонией «Антар» (1868) и симфонической сюите «Шехерезада» (1888) почерпнули арабскую музыку (восточные мелодии) из сборника алжирских мелодий, составленного А.Ф.Христиановичем в 1861 году. А.З.Егорин в книге «Египет нашего времени» (Москва, Институт востоковедения РАН, 1998): «...В 60-х годах XIX века на Севере Африки побывал российский исследователь и композитор Александр Христианович, который опубликовал затем книгу «Исторический эскиз арабской музыки древних времен с рисунками инструментов и сорока нотными записями мелодий в гармонизации Александра Христиановича». Эта работа россиянина, опередившая исследование французского композитора Сальватора Даниэля, и его мелодии были успешно использованы А.П.Бородиным и Н.А.Римским-Корсаковым» (Егорин, 1998, с.26). Об этом же А.З.Егорин сообщает в статье «Дорогой Грэфения и Зосимы» (журнал «Родина», 2008, № 5).

**177) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский, ярчайший представитель «Могучей кучки», при написании своей оркестровой фантазии «Ночь на лысой горе» (1867) ассимилировал музыкальные идеи из фортепианного произведения Ференца Листа «Пляски смерти» (1859). Б.Г.Гнилов в статье «Великий русский национально-культурный приоритет (фортепиано-оркестровая композиция)» (журнал «Коммунист», 2006, № 2) пишет:

«Возвращаясь к «Ночи на лысой горе», обратим внимание на упомянутое Н.А.Римским-Корсаковым влияние на М.П.Мусоргского (а заодно и на других представителей «Могучей кучки») конкретного листовского произведения для фортепиано с оркестром – «Пляски смерти». Этот факт позволяет еще прочнее утвердиться во взглядах на европейскую композицию для фортепиано с оркестром как исторически-сквозной фактор творческого вдохновения» (Гнилов, 2006, с.71.). Об этом же Б.Г.Гнилов сообщает в своей статье «Музыкально-социологический анализ классико-романтического фортепианного концерта» (журнал «Социологические исследования», 2006, № 6, с.90-98).

**178) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский создал некоторые свои произведения, в частности, фортепианную сюиту «Картинки с выставки» (1874), также по аналогии заимствовав у Роберта Шумана наиболее интересные музыкальные мотивы и обороты. Л.Л.Сабанев в книге «Воспоминания о России» (2005) указывает: «Как и у Бородина, у Мусоргского – гениальнейшего из «Кучки», - влияния Шумана обнаруживаются немедленно, коль скоро он сходит с почвы народной мелодики. Шумановские влияния порой пронизывают даже национально окрашенные моменты его композиции – профиль многих его мелодий чисто шумановский. Шуманистическими приемами и влияниями начинены его «Картинки с выставки» - вся капризная конструкция этого произведения, безусловно, навеяна такими произведениями Шумана, как «Крейслериана», «Карнавал». Под сильнейшим влиянием Шумана и все фортепианные произведения Мусоргского» (Л.Л.Танеев, 2005).

**179) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский в ряде своих произведений, в том числе в фортепианной сюите «Картинки с выставки» (1874), помимо всего прочего, использовал мелодии еврейского фольклора. Соломон Волков в книге «История культуры Санкт-Петербурга с основания до наших дней» (Москва, «Независимая газета», 2001) указывает: «Но «еврейская» музыка Мусоргского вовсе не отражает его антисемитских настроений. Прекрасные хоры «Поражение Сенахериба» и «Иисус Навин» (тему для которого Мусоргский услышал у евреев, живших с ним в одном дворе), а также знаменитые «Два еврея, богатый и бедный» из «Картинок с выставки», исполнены уважения к еврейству легендарному, библейскому, и симпатии к современному еврейскому населению, оказавшемуся на территории Российской империи в результате присоединения к ней Украины, Литвы и Польши, где жили миллионы евреев» (С.Волков, 2001).

**180) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.Мусоргский написал кантату «Иисус Навин» (1874, 1877) благодаря тому, что заимствовал для нее мелодию одной из еврейских молитв, которую он услышал, проживая в бедном районе Петербурга, примыкавшем к Сенному рынку. С.Ю.Дудаков в книге «Этюды любви и ненависти» (Москва, 2003) повествует: «Как известно, Модест Петрович Мусоргский (1839-1881) мелодию одного из самых знаменитых своих творений – кантаты для соло и хора «Иисус Навин» (Стой, солнце!) – подслушал у соседа. Обстоятельства, при которых была создана кантата, не раз описывались, опишу их и я. Осенью 1874 г. Мусоргский жил в бедном районе Петербурга, примыкавшем к Сенному рынку (так называемые места Достоевского). Здесь же жили немногочисленные евреи: отставные солдаты, ремесленники, аптекари... В квартире одного из соседей композитора, бедного еврея – портного, располагалась молельня. Однажды во время праздника Суккот (Кущей) Мусоргский через открытое окно услышал очаровавшее его канторское пение. Вдохновленный, он тотчас переписал свою «Боевую песнь ливийцев» для хора из оперы «Саламбо» (1876 г.), включив в нее заимствованные из еврейских молитв мелодии» (С.Ю.Дудаков, 2003). «Такова история создания, - резюмирует С.Ю.Дудаков, - одного из самых красивых произведений русского хорального искусства. Кантату «Иисус Навин» Мусоргский иногда называл «Про Иисуса Навина». Позднее он переписал ее в соло для рояля, и с неизменным успехом исполнял сам на концертах» (С.Ю.Дудаков, 2003).

**181) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский в своей песне «Полководец», входящей в его вокальный цикл «Песни и пляски смерти» (1877), по аналогии использовал мелодию польского революционного гимна «С дымом пожаров», который исполнялся во время восстания 1863 года. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) говорит о песне «Полководец» Мусоргского: «Вступление к песне написано как самостоятельная часть. Вначале звучит траурная мелодия «Со святыми упокой», а затем музыка приводит слушателя к кульминации песни и всего фортепьянного цикла – победному маршу смерти. Торжественно-трагичную мелодию для этой части Мусоргский взял из польского революционного гимна «С дымом пожаров», который исполнялся во время восстания 1863 года» (Горбачева, 2002, с.299). Об этом же говорит Т.Попова в книге «Мусоргский» (1967): «Своего рода «апофеозом» завершил Мусоргский и песню «Полководец», в страшном образе смерти-победительницы, на боевом коне объезжающей ночью поле битвы. Жуткой иронией звучит ее торжествующий монолог на мелодии революционного гимна польских повстанцев «В дыме пожаров». Не случайно композитор остановился на этой суровой и скорбной мелодии: не одно польское восстание в свое время было потоплено царской Россией в потоках крови» (Т.Попова, 1967).

**182) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский при создании оперы «Борис Годунов» (1869) по аналогии включил в нее русскую народную песню «Слава». Позже мелодию этой песни он перенес в свою фортепианную сюиту «Картинки с выставки» (1874), а именно в фортепианную пьесу «Прогулка». Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шагина в книге «Методика работы с учебниками «Музыка» (Москва, «Просвещение», 2002) пишут: «Исследователи находят в «Прогулке» связь со старинной русской величальной песней «Слава», которая была использована в опере «Борис Годунов» (Критская и др., 2002, с.59). Следует отметить, что в ходе сочинения музыки для опер «Борис Годунов» и «Хованщина» Мусоргский пользовался сборником русских народных песен, составленным Римским-Корсаковым. И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (1964) указывает: «Пройдет время, и Мусоргский будет приветствовать работу Римского-Корсакова над сборниками русских народных песен, пользоваться его помощью при оркестровке, советоваться о том, как лучше устроить трудный вокальный ансамбль в «Хованщине» (И.Кунин, 1964).

**183) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский, кроме народной песни «Слава», перенес в оперу «Борис Годунов» и другие фольклорные мелодии. В частности, в произведении звучат мелодии польских танцев. Т.Попова в книге «Мусоргский» (Москва, «Музыка», 1967) пишет о музыке, вплетенной в ткань оперы «Борис Годунов»: «Польские сцены внесли в оперу Мусоргского яркий контраст. Музыкальные характеристики польских панов и, в особенности, надменной и властной Марины Мнишек были основаны на своеобразных ритмах польских танцев: мазурки, краковяка и полонеза. Ярче всего сказалось это в партии Марины, насквозь пронизанной энергичным и прихотливым мазурочным ритмом» (Т.Попова, 1967). В опере есть много других старинных народных песен, например, песня «То не ястреб совыкался с перепелушкой». Т.Попова в той же книге описывает одну из сцен оперы «Борис Годунов»: «Боярина Хрущева усаживают на пень и в честь него заводят сатирическую величальную песню «Не сокол летит по поднебесью...».

Слава боярину, слава Борису!  
Сиднем сидит, думу думает,  
Как бы Борису в угодушку,  
Как бы вору на помочь  
Забить, запороть люд честной.

В этом пародийном славлении Мусоргский использовал мелодию старинной народной песни «То не ястреб совыкался с перепелушкой» (Т.Попова, 1967).

**184) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский, сочиняя оперу «Хованщина» (1872-1880), перенес в нее мелодию русской народной песни «Исходила младешенька». Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шмагина в книге «Методика работы с учебниками «Музыка» (2002) констатируют: «М.Мусоргский для характеристики Марфы, одной из главных героинь оперы «Хованщина», использовал подлинную народную песню «Исходила младешенька» (Критская и др., 2002, с.124). «Не случайно, - поясняют данные музыковеды, - композитор, который всю жизнь стремился к «жизненной, не классической мелодии», обратился именно к этой песне. Ее отличает красота и благородство широкой, раздольной мелодии, которая изливается словно из глубин души, не теряя при этом связи с выразительностью человеческой интонации» (там же, с.125). Т.Попова в книге «Мусоргский» (Москва, «Музыка», 1967) объясняет, что Мусоргский впервые услышал песню «Исходила младешенька», а также русскую народную песню «Плывет, плывет лебедушка» в петербургском трактире «Малый Ярославец». Т.Попова говорит об этом трактире: «У Мусоргского, очень общительного по характеру, составилась здесь интересный круг знакомств. Одним из его новых друзей был известный в то время писатель и актер-рассказчик И.Ф.Горбунов, талантливый самородок, вышедший из народа. Мусоргский записал от него ряд превосходных народных песен, в том числе прекрасную мелодию величальной песни, использованной им для хора «Плывет, плывет лебедушка» в опере «Хованщина», а также лирическую песню «Исходила младешенька» (Т.Попова, 1967).

**185) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский, помимо народных песен «Исходила младешенька» и «Плывет, плывет лебедушка», по аналогии перенес в свою оперу «Хованщина» такие русские песни (элементы фольклора), как «Возле речки на лужочке» и «Поздно вечером сидела». Т.Попова в книге «Мусоргский» (Москва, «Музыка», 1967) повествует: «Прекрасная в своей суровой трагической красоте, «Хованщина» богата широкими напевными мелодиями. На протяжении действия в ней звучит немало народных напевов. Подлинными народными мелодиями являются такие песни, как «Исходила младешенька» в партии Марфы, протяжная песня «Возле речки на лужочке», веселая плясовая «Поздно вечером сидела», торжественная величальная «Плывет, плывет лебедушка, ладу, ладу» (Т.Попова, 1967).

**186) Аналогия Модеста Мусоргского.** М.П.Мусоргский, задумывая новые оперы «Сорочинская ярмарка» и «Пугочевщина», которые остались незавершенными, планировал использовать в них различные народные песни, собранные во время путешествия по югу России в 1879 году. В ходе этого путешествия Мусоргский вместе с певицей Д.М.Лебновой давал концерты в таких городах, как Полтава, Елизаветград, Николаев, Херсон, Одесса, Ялта. Т.Попова в книге «Мусоргский» (1967) говорит о возвращении русского композитора в Петербург после поездки по югу России: «В Петербург вернулся Мусоргский повеселевшим и окрепшим. За время трехмесячного путешествия он записал немало различных народных песен: украинских, татарских, киргизских, греческих и других. Часть из них предназначалась для «Сорочинской ярмарки», часть – для «Пугочевщины» (Т.Попова, 1967). В оперу «Сорочинская ярмарка» Мусоргский перенес украинские народные песни «На бережку у ставка», «Ой ты, дивчина, горда да пышна» и другие. «Удачнее всего получился, - пишет Т.Попова о «Сорочинской ярмарке» Мусоргского, - заключительный «Гопак веселых паробков» на тему плясовой песни «На бережку у ставка», а также комическая сцена Хиври с Поповичем во втором акте. Выставив из хаты Черевика под тем предлогом, что надобно сторожить пшеницу и кобылу, Хивря в ожидании Поповича, прихорашиваясь, напеваает сперва лирическую народную песню «Ой ты, дивчина, горда да пышна», затем шуточную песенку о Брудеусе» (Т.Попова, 1967).

**187) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский, работая на Первой симфонией, носящей название «Зимние грезы» (1866), по аналогии перенес в финал данного

произведения мелодию русской народной песни «Цвели цветики». Ирина Полянская в одном из фрагментов своей книги «Прохождение тени» (журнал «Новый мир», 1997, № 1) описывает один из клубов музыкальной самодеятельности: «...Лебедев организовал что-то вроде самодеятельности. На спевках исполнялись романсы русских композиторов и народные песни, в том числе и «Цвели цветики», вологодский распев, положенный в основу финала первой симфонии Чайковского «Зимние грезы» (И.Полянская, 1997). Необходимо подчеркнуть, что крестьянская песня «Цвели цветики», попав в город, стала называться «Я посею ли, млада». А.А.Альшванг в книге «П.И.Чайковский» (Москва, «Музыка», 1970) пишет об этой песне и о финале симфонии № 1 Чайковского: «Народная песня «Я посею ли, млада», лежащая в основе финала, проходит перед нами сначала в суровом, сумрачном облике, затем – как сгусток собранной энергии, и, наконец, как удалая, упругая пляска. Эта «многозначность» образов народной песни не была надуманной, а вполне соответствовала ее сложному жизненному пути. В самом деле, если вспомнить, что в основе городского варианта песни «Я посею ли, млада» лежит старинная крестьянская песня «Цвели цветики» и что во времена Чайковского «Я посею ли, млада» служила городскому рабочему люду в пору его отдыха и веселья и, кроме того, на нее же пелись стихи, связанные с трагическими событиями в селе Бездна, то можно представить себе огромный «смысловой диапазон» ее художественного воздействия» (А.А.Альшванг, 1970).

**188) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский, создавая свою оперу «Воевода» (1869), ввел в нее народную песню «Коса ль моя, косынька». Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) отмечает: «Большая часть произведений московского периода связана с народными песнями. В них Чайковский нередко включал подлинные народные песни – русские или украинские. Так, например, записанная под Москвой с голоса крестьянки песня «Коса ль моя, косынька» вошла в оперу «Воевода» («Соловушка в дубравушке»). Песня «Сидел Ваня на диване», услышанная Чайковским на Украине в Каменке, стала главной темой медленной части Первого струнного квартета» (Д.Самин, 2008).

**189) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский в Первом струнном квартете (1871) по аналогии использовал мелодию русской народной песни «Сидел Ваня на диване». И.Андроников во втором томе книги «Избранное в двух томах» (1975) пишет: «Лето 1869 года Чайковский проводил в имении Каменка на Украине. Сидя как-то за сочинением оперы, он услышал, что в соседней комнате плотник, калужский крестьянин, поет: «Сидел Ваня на диване, стакан рому наливал...». Чайковский записал эту песню и сообщил ее Римскому-Корсакову. Римский-Корсаков включил ее в сборник «Сто русских народных песен». В 1871 году Чайковский принялся за сочинение струнного квартета. И в основу второй части положил тему «Вани на диване...» (Андроников, 1975, с.68). Следует указать, что Чайковский долгое время собирал и использовал в своих произведениях мелодии городских песен (бытовой фольклор), многие из которых попали в город из деревни и первоначально были крестьянскими песнями. Светлана Кириллова в статье «Петр Ильич Чайковский» (газета «Искусство», № 08 (416), 16-30 апреля 2009 г.) раскрывает источник, из которого черпал русский композитор: «На московских улицах рождался новый песенный жанр – городской романс: песни каменщиков и нянюшек, прачек и мастеровых. Это были мелодии, привезенные искателями счастья со всех концов России и преобразившиеся в нечто иное, подобно кристаллам горной породы. Очарованный этими песнями, которые с такой естественностью вплетутся в ткань его музыки, Чайковский будет совершать ежедневные многокилометровые прогулки (иногда, как вспоминают современники, пешком от Кремля до Петровско-Разумовского парка) ради нескольких набросков в записной книжке. Благодаря ему мотивы этих песен (каждая из которых была в действительности не старше XIX века) кажутся нам сегодня гораздо более «русскими» и «народными», чем те подлинные старинные крестьянские мелодии, которые были записаны собирателями народной музыки» (С.Кириллова, 2009).

**190) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при работе над своей Второй симфонией (1872), которую он сочинял на Украине, в Каменке – имении своей сестры Александры, перенес в нее ряд украинских и русских народных мелодий. В частности, в финале симфонии звучат вариации на тему песни «Журавель», причем, эта тема превалирует над всем остальным тематическим материалом. В указанном произведении русского композитора можно также услышать южно-русский вариант песни «Вниз по матушке, по Волге». Во второй части симфонии Чайковский использовал собственную неопубликованную музыку – свадебный марш из неоконченной оперы «Ундина», а также песню «Прялочка». Д.Б.Кабалевский в книге «Про трех китов и про многое другое» (Москва, 1976) отмечает: «Довольно часто пользовался народными мелодиями в своих сочинениях один из величайших русских композиторов – Петр Ильич Чайковский. В начале этой главы мы с вами вспоминали игровую песню «Журавель» и протяжную «Во поле березынька стояла». Общим этим песням Чайковский дал новую жизнь, включив их в свои симфонии: «Журавля» - во Вторую, а «Березыньку» - в Четвертую. В обоих случаях очень простые, можно сказать, совсем незатейливые песенки превратились в симфонические мелодии и легли в основу радостно-громкозвучных финалов больших симфоний» (Д.Б.Кабалевский, 1976).

**191) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский (1873), сочиняя свою симфоническую фантазию на тему «Бури» Шекспира, изображал с помощью звуков море по аналогии с тем, как это сделал Р.Вагнер во вступлении к опере «Золото Рейна» (1854). Леви Шаар в статье «Письма о Вагнере» (газета «Дуэль», № 51 (549) от 18 декабря 2007 г.) пишет: «Не менее интересно в этом вопросе свидетельство Н.А.Римского-Корсакова («Летопись моей музыкальной жизни»): «Он рассказал, что сочиняет оркестровую фантазию на шекспировскую бурю; при этом говорил, что, изображая море, он до некоторой степени намерен держаться, как образца, вагнеровского вступления к «Золоту Рейна» (Л.Шаар, 2007). «Чайковский не только критиковал Вагнера, - поясняет Л.Шаар, - он не стеснялся учиться у критикуемого Мастера и, незаметно для себя, постепенно воспринимал творческие принципы гениального немца. Обратим внимание на мысль едва ли не самого авторитетного музыковеда СССР сороковых-пятидесятых годов XX века доктора искусствоведения А.А.Альшванга. В своей монументальной монографии «П.И.Чайковский» он пишет о начале Шестой симфонии великого русского композитора: «Звучность солирующего фагота пианиссимо на фоне квинты контрабасов *divis*, вызывает в памяти начальные такты вступления к «Золоту Рейна» Вагнера: та же элементарная сила басовой квинты, та же лапидарность основного мотива, свидетельствующая о чем-то изначальном». Нужно ли более убедительное доказательство влияния Вагнера на творчество Чайковского, влияния исподволь?» (Л.Шаар, 2007). Отметим, что статья Л.Шаара «Письма о Вагнере» содержится также в журнале «Заметки по еврейской истории» (№ 6 (78), март 2007 г.).

**192) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский в своем Первом фортепианном концерте (1875) использовал мелодию украинской народной песни «Веснянка», которая иначе называется «Выйди, выйди, Иванку». Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шмагина в книге «Методика работы с учебниками «Музыка» (2002) пишут: «Исполнение украинской народной песни-заклички «Веснянка» поможет учащимся вспомнить ее звучание в 3-й части Первого концерта П.Чайковского» (Критская и др., 2002, с.102). «...Композитор выделяет в этой музыке, - поясняют указанные авторы, - танцевальные черты, используя при этом форму вариаций – наиболее распространенную в народном вокальном и инструментальном творчестве» (там же, с.102). Кроме того, П.И.Чайковский перенес в свой Первый концерт мелодию народного напева лирников. Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шмагина в упомянутой книге говорят о Первом концерте Чайковского: «Композитор задумывал этот фортепианный концерт как «общее достояние публики» благодаря включению в него подлинных народных мелодий. Так, в 1-й части концерта звучит напев, который

П.Чайковский записал на Украине у лирников – слепых бродячих певцов, сопровождающих игрой на лире пение духовных стихов» (там же, с.102). Наконец, нельзя обойти вниманием то обстоятельство, что русский композитор также перенес в Первый концерт мотив французской песенки. Е.Д.Критская, Г.П.Сергеева и Т.С.Шмагина подчеркивают: «В середине 2-й части концерта П.Чайковский использовал популярный в то время мотив французской песенки в ритме вальса. Этот концерт, по словам Б.Асафьева, «гениальный по симфоническому взлету мысли и щедрости звукоидей», стал одним из самых любимых произведений как в России, так и за ее пределами» (там же, с.102).

**193) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский, работая над своей Четвертой симфонией (1877), по аналогии перенес в финал этой симфонии мелодию русской народной песни «Во поле береза стояла». Об этом пишут многие авторы. Н.П.Смирнов-Сокольский в книге «Сорок пять лет на эстраде» (1976) говорит: «Во поле березонька стояла...» В этой гениальной простой мелодии, прозвучавшей в Четвертой симфонии Чайковского, - и наш родной пейзаж, и наша любовь к Родине, и вся простая душа могучего, одаренного народа - богатыря» (Н.П.Смирнов-Сокольский, 1976). В.О.Усачева, Л.В.Школяр и В.А.Школяр в методическом пособии «Музыкальное искусство» (2005) пишут о мелодиях-семенах, из которых выросла Четвертая симфония русского композитора: «Одним из таких семян и является преобразенная в тему симфонии песня «Во поле береза стояла» (Усачева и другие, 2005, с.160). Д.Г.Баев в статье «Вариант вспомогательного международного языка (аксиом-вариант)», которая содержится в книге «Проблемы интерлингвистики» (Москва, «Наука», 1976) констатирует: «Петр Ильич Чайковский очень любил русские народные песни и часто пользовался ими в своих произведениях. Финал его четвертой симфонии написан на тему русской песни «Во поле береза стояла», а финал второй симфонии – на тему украинской песни «Журавель» (Д.Г.Баев, 1976).

**194) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский во время работы над музыкой балета «Лебединое озеро» (1877) по аналогии использовал в нем отдельные мелодии из своей ранней оперы «Ундина» (1869). Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) приводит слова Джорджа Баланчина, который говорит о Чайковском: «Он использовал свою старую музыку. Скажем, адажио Одетты и Зигфрида из «Лебединого озера» - Чайковский эту музыку взял из своей ранней оперы «Ундина». «Ундину» он уничтожил, а дуэт из нее вставил в «Лебединое озеро». Хорошей музыкой Чайковский не бросался» (Волков, 2001, с.136). Кроме того, Чайковский по аналогии перенес в балет «Лебединое озеро» мелодию старинной французской песенки, взятую из сборника французских песен Жана Батиста Векерлена (1853).

**195) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский, создавая балет «Лебединое озеро» (1877), помимо отдельных мелодий из оперы «Ундина», перенес в свой балет и подверг некоторой модификации мелодический материал из «Неоконченной симфонии» Франца Шуберта. Светлана Кириллова в статье «Лебединое озеро» (газета «Искусство», № 08 (416), 16-30 апреля 2009 г.) пишет о балете «Лебединое озеро»: «Музыкально-драматургический стержень всего балета – тема-лейтмотив «Лебединая песнь». (Некоторые исследователи сравнивали ее с элегической главной темой «Неоконченной симфонии» Франца Шуберта). Она появляется в первых тактах увертюры и варьируется вплоть до финала, незаметно связывая между собой все остальные музыкальные темы и формы» (С.Кириллова, 2009). П.А.Юхвидин в статье «Два Атланта» (сайт «Заграница», 2008) очень высоко оценивает «Неоконченную симфонию» Шуберта и другие его произведения: «...Из одной только «Неоконченной» симфонии, как из одной известной шинели, выросли все симфонии Брамса, Чайковского, Дворжака, а из Большой симфонии до мажор – нумерация шубертовских симфоний неясна, так как при жизни автора их не издавали – весь

симфонический Шуман, Мендельсон, Бородин, Брукнер, Малер, да и эпический симфонизм Шостаковича родом оттуда же» (П.А.Юхвидин, 2008).

**196) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский (1878), сочиняя свои «Вариации на тему рококо для виолончели с оркестром», по аналогии перенес в это произведение мелодию русской народной песни «Вдоль по Питерской». Р.Х.Зарипов в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983) отмечает: «В том, что тема «рококо» возникла из мелодии «Вдоль по Питерской», можно убедиться при визуальном сравнении этих двух мелодий» (Зарипов, 1983, с.98). Об этом же Р.Х.Зарипов пишет в статье «Творчество и кибернетика. Моделирование в музыке» (книга «Кибернетика. Современное состояние», Москва, «Наука», 1980): «...В сознании композитора в это время перевоплощалась в стиле «рококо» мелодия безмятежно-раздольной русской народной песни «Вдоль по Питерской». В том, что тема «рококо» возникла из этой мелодии, можно убедиться при визуальном сравнении обеих мелодий: на рис.1 видно совпадение высот, отмеченных волнистой линией, и ритмических акцентов» (Р.Х.Зарипов, 1980). К сожалению, ввиду ограниченности объема монографии мы не можем показать данный рисунок.

**197) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский сочинил некоторые фортепианные произведения по аналогии с творениями Р.Шумана. В известных симфонических работах Чайковского также встречаются отзвуки музыкальных идей немецкого композитора. Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о России» (2005) повествует: «Некоторые мелкие фортепианные вещи Чайковского могут быть приняты за шумановские, настолько сильно сходство. Знаменитая вторая тема «Патетической симфонии» имеет тоже сильнейший оттенок шуманизма, но она, как, может быть, не многим известно, сама есть копия (случайная или умышленная – сказать, конечно, нельзя) одного из романсов Дютша, забытого композитора середины прошлого века, обруселого немца. Шумановская ритмика царит и в третьей части симфонии. Значительное число романсов Чайковского обнаруживают более или менее чувствительные влияния шумановской мелодики и гармонии» (Л.Л.Сабанеев, 2005). Лев Болеславский в статье «Гармония и грезы Роберта Шумана» (сайт «Христианский творческий союз», 2004) отмечает: «Чайковский испытал влияние Шумана. Особенно это чувствуется в его «Большой сонате», да и гениальная симфония «Манфред» появилась после «Манфреда» Шумана» (Л.Болеславский, 2004).

**198) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при работе над фортепианным циклом «Детский альбом» (1878), а именно над пьесой «Итальянская песенка» и пьесой «Шарманщик поет», по аналогии перенес в данные пьесы или, лучше сказать, в данный фортепианный цикл мелодию песни, которую он услышал во Флоренции от 10-летнего мальчика. В 1-ом томе книги «П.И.Чайковский. Переписка с Н.Ф.фон Мекк» в 3-х томах (Москва-Ленинград, издательство «Академия», 1934-1936) приводится письмо русского композитора к Надежде фон Мекк от 16 декабря 1877 года: «Из Венеции я вывез с собою очень милую песенку. Вообще в Италии я испытал два приятных музыкальных впечатления. Одно во Флоренции – не помню, писал ли я Вам об этом. Мы с братом услышали вечером на улице пение и увидели толпу, в которую и пробрались. Оказалось, что пел мальчик лет 10 или 11 под аккомпанемент гитары. Он пел чудным густым голосом с такою законченностью, с такой теплотой, какие и в настоящих артистах редко встречаются. Всего курьезнее было то, что он пел песню со словами очень трагического свойства, звучавшими необыкновенно мило в устах ребенка «Зачем изменяешь мне, зачем покидаешь меня» (П.И.Чайковский, 1934-1936). В другом письме к Надежде фон Мекк (от 20 февраля / 4 марта 1878 г.) композитор вновь пишет об этом мальчике и его песне: «Я не помню, чтобы когда-нибудь простая народная песня приводила меня в такое состояние. На этот раз он меня познакомил с новой здешней песенкой, до того прелестной, что я собираюсь еще раз найти его и заставить несколько раз спеть, чтобы записать и слова и музыку. Приблизительно она следующая (воспевается какая-

то Pimpinella; что это значит, не знаю, но узнаю непременно). Как жаль мне этого ребенка!» (П.И.Чайковский, 1934-1936).

**199) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский создал оркестровую пьесу «Итальянское каприччио» (1880), которая называется также «Итальянской фантазией», благодаря тому, что по аналогии перенес в нее мелодии итальянских песен, которые он записал в Италии. Франко Онорати в статье «Чайковский в Италии» (журнал «Меценат и Мир», 2007, № 33-36) пишет: «В Риме, как и во Флоренции, улицы наполнены музыкой. Здесь на каждом шагу встречаются бродячие певцы, небольшие оркестрики, звуки фанфар, рождая в композиторе мысль собрать в симфоническую фантазию некоторые элементы итальянской народной музыки, как прежде него сделал Глинка, переработав испанский фольклор для своих «Испанских увертюр». «...У меня уже готова в первой редакции итальянская фантазия на народные темы, которой, мне кажется, можно предсказать розовое будущее. Она будет иметь эффект благодаря некоторым очаровательным темам, которые я частично выбрал из антологий, а частично услышал на улицах своими ушами». Как известно, это сочинение открывается мощным воззванием трубы, в которой ясно угадывается военное происхождение. Согласно свидетельству брата Модеста, речь идет о фанfare кавалерийской казармы, располагавшейся рядом с гостиницей «Констанци» (Чайковский слышал «отбой», который каждый вечер возвещала фанфара батальона королевских кирасиров – Ф.О.). Кроме того, в сочинении угадывается песенка «Мама не хочет», тарантелла «Чикуцца», одна венецианская серенада и некоторые римские частушки» (Ф.Онорати, 2007). «Таким образом, - резюмирует Ф.Онорати, - Рим стал в творчестве музыканта выражением того итальянского музыкального фольклора, который восхитил Чайковского, а сочинение на итальянские темы было его дружеским жестом по отношению к стране, где, как он писал, «соединение природы с произведениями искусства не перестают поражать меня своей красотой» (Ф.Онорати, 2007).

**200) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский, создавая фортепианный цикл «Детский альбом» (1878), помимо итальянской песни, услышанной во Флоренции, по аналогии включил в данный цикл также мелодию французской песенки, заимствованной из вокального сборника «Эхо минувших дней» Ж.Б.Векерлена. Эта простая песенка содержится и в вокальном сборнике Кристофа Баллара, изданного в Париже в 1703 году. Необходимо также указать, что П.И.Чайковский во множестве своих творений использовал мелодии популярных городских романсов. Соломон Волков в книге «История культуры Санкт-Петербурга с основания до наших дней» (Москва, 2001) говорит: «Петербургский романс с цыганским оттенком, потеряв свою тепличность, смело перешагнул порог модного салона и растворился в широкой массе столичных меломанов. Он стал поп-музыкой своего времени, и его специфические сентиментально-грустные или чувственно-страстные формулы не раз внедрялись потом – в переработанном и облагороженном виде – в музыку Чайковского» (С.Волков, 2001).

**201) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский создал духовно-музыкальное сочинение «Всенощное бдение» (1881) в результате того, что по аналогии заимствовал и мастерски обработал древнерусские церковные напевы. Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) указывает: «Чайковский написал «Всенощное бдение», которому дал скромный подзаголовок «Опыт гармонизации богослужебных песнопений для хора». В другом письме он так отозвался о «Всенощной»: «Я являюсь в ней вовсе не самостоятельным художником, а лишь перелазателем древних наших церковных напевов. Если я не удовлетворю тех, которые ожидают от этого труда поэтических впечатлений, то зато, быть может, окажу серьезную услугу нашему богослужебному пению...» (Волков, 2001, с.113-114).

**202) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский (1882) при сочинении своей Торжественной увертюры «1812 год» по аналогии перенес в нее мелодию французской революционной песни «Марсельеза», мотив дуэта Власьевны и Олены из своей же оперы «Воевода» (1869), а также мотив русской народной песни «У ворот, ворот батюшкиных». А.Майкапар в статье «Музыкальные жанры. Увертюра» (газета «Искусство», № 06 (414), 16-31 марта 2009 г.) пишет о работе Чайковского над увертюрой «1812 год»: «Чайковский очень изобретательно выстроил драматургию увертюры. Она начинается с мрачных звуков оркестра, имитирующих звучание русского церковного хора. Это как бы напоминание об объявлении войны, которое осуществлялось в России во время церковной службы. Затем сразу же звучит праздничное пение о победе русского оружия. Затем следует мелодия, представляющая марширующие армии, исполненная трубами. Французский гимн «Марсельеза» отображает победы Франции и взятие Москвы в сентябре 1812 года. Русское воинство символизируют в увертюре русские народные песни, в частности мотив из дуэта Власьевны и Олены из оперы «Воевода» и русская народная песня «У ворот, ворот батюшкиных» (А.Майкапар, 2009).

**203) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при написании своей программной симфонии «Манфред» (1885) использовал определенные мелодические обороты из произведений Г.Берлиоза и Ф.Листа. Е.М.Браудо во 2-ом томе книги «Всеобщая история музыки» (1930) говорит: «Декламационно-драматическая выразительность музыкальной фразы в новой русской музыке, ее склонность к программности, были естественным выводом из знакомства с произведениями Берлиоза и Листа. Это влияние распространилось и за пределы балакиревского кружка, отозвавшись и на Чайковском, особенно на его «Манфреде», где любопытно воздействие берлиозо-листовской ритмики на первой части этой симфонии-поэмы» (Браудо, 1930, с.213).

**204) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский создал оркестровую сюиту «Моцартиана» (1887) в результате того, что по аналогии заимствовал и объединил в одном произведении (синтезировал) музыкальные темы из творений Моцарта разных лет. Впоследствии таким же методом ассимиляции и синтеза, порождающим известный стиль полистилистики, воспользуется советский композитор Альфред Шнитке в своем произведении «Moz-Art», создававшемся с 1976 по 1990 годы. В.С.Рогожникова в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Моцарт в зеркале времени: текст в тексте» (Москва, 2008) указывает: «Соединение отдельных сочинений венского классика является основным приемом работы с «чужим словом» в оркестровой сюите «Моцартиана» П.И.Чайковского (1887), о которой уже шла речь в первом аналитическом разделе диссертации. Сходный прием использует и А.Шнитке в своем произведении «Moz-Art», имеющем несколько версий для различных исполнительских составов» (Рогожникова, 2008, с.23). «...П.И.Чайковский, - поясняет В.С.Рогожникова, - объединяя в своем опусе отдельные возникшие в разные периоды творчества моцартовские сочинения, создает новый тип сюиты» (там же, с.23). Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) приводит слова Джорджа Баланчина, который объясняет использование Чайковским музыкальных тем Моцарта: «Чайковский говорил, что он оркеструет клавирные вещицы Моцарта, тогда их будут исполнять чаще. Но важно понимать не только это. Чайковский взял у Моцарта молитву «Ave Verum». Почему? Вероятно, мы никогда не узнаем. Получилась не просто аранжировка, это стилизация, как, например, Стравинский позднее обработал Перголези. Это омаж (клятва верности – Н.Н.Б.) Чайковского Моцарту, омаж русского композитора австрийскому. Это совершенно модернистская музыка, особенно Вариации и Жига. Невероятные гармонии!» (Волков, 2001, с.111).

**205) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при создании оперы «Пиковая дама» (1890) включил в нее небольшую мелодию, заимствованную из оперы французского

композитора Андре Гретри «Ричард Львиное сердце» (1784). В популярном справочнике «Творческие портреты композиторов» (редактор О.Гусева, 1990) указывается: «Свои лучшие оперы Гретри создал в 80-е гг. (в самый канун революции) в сотрудничестве с либреттистом-драматургом М.Седеном. Это историко-легендарная опера «Ричард Львиное сердце» (мелодию из нее использовал П.Чайковский в «Пиковой даме»), «Рауль Синяя борода». Гретри приобретает всеевропейскую славу» (О.Гусева, 1990).

**206) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский написал «Вальс цветов» для своего балета «Щелкунчик» (1892) по аналогии с мелодией вальса, которая звучит в его же опере «Евгений Онегин» (1878). Гармоническое сходство этих вальсов бросается в глаза. Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) цитирует Джорджа Баланчина, который дает свою оценку методу музыкальных заимствований (переносов): «Люди такие вещи делают все время. У Чайковского, к примеру, «Вальс цветов» из «Щелкунчика» очень похож на вальс из оперы «Евгений Онегин». И так не только Чайковский работал. Бетховен один и тот же танец использовал и в своей Героической симфонии, и в фортепианных вариациях, и в балете о Прометее. И Стравинский так делал тоже. Хорошие композиторы не любят, чтобы сочиненное лежало зря, пропадало без толку» (Волков, 2001, с.158-159).

**207) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский в первой части своей «Серенады для струнных» использовал музыкальный материал, взятый из произведений Моцарта. Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) констатирует: «Серенада для струнных была, по признанию Чайковского, его «любимым детищем»; в своих концертах он исполнял ее чаще других произведений. Ее первая часть также создана как омаж Моцарту; в ней, писал Чайковский, «я заплатил дань моему поклонению Моцарту; это намеренное подражание его манере, и я был бы счастлив, если бы нашли, что я не слишком далек от взятого образца» (Волков, 2001, с.111).

**208) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при создании оперы «Иоланта» (1891) по аналогии перенес в нее мелодию романса русского композитора Антона Рубинштейна. Эта мелодия выступает в опере Чайковского в качестве главной темы. Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) цитирует известного деятеля культуры Джорджа Баланчина: «И даже если Чайковский заимствует какую-то мелодию у другого композитора, это выходит так естественно! У него в опере «Иоланта» одна из главных тем – это романс Антона Рубинштейна. А Римский-Корсаков был очень этим недоволен! А я так считаю: если что-то понравилось у другого, почему не взять? Главное, чтобы это вышло естественно и было на месте. Тогда сам забываешь, что у кого-то позаимствовал. И радуешься – вот как я хорошо это сделал! Это случается, когда надо успеть к сроку и работаешь быстро» (Волков, 2001, с.68).

**209) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский (1892), сочиняя музыку для балета «Щелкунчик», по аналогии перенес в него мелодию из своего балета «Спящая красавица» (1889). Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) приводит слова Джорджа Баланчина: «И вдруг я вспомнил, что у Чайковского в скрипичном соло из «Спящей красавицы» та же самая мелодия, под которую в «Щелкунчике» растет елка. Это замечательная мелодия, с грациозным великолепным нарастанием звучности. Чайковский решил, когда сочинял сцену с елкой для «Щелкунчика»: никто этого скрипичного соло из «Спящей красавицы» все равно не играет, зачем же пропадать такой красоте!» (Волков, 2001, с.158).

**210) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский (1892), кроме музыки из балета «Спящая красавица», включил в балет «Щелкунчик» мелодию грузинской колыбельной «Спи, фиалка», которая превратилась в балете в «Арабский танец».

И. Андроников во 2-ом томе книги «Избранное в двух томах» (1975) пишет о том, как Чайковский использовал в указанном балете грузинскую колыбельную песню, хотя интерес Чайковского к кавказскому фольклору был менее выражен, чем у Балакирева: «Для Чайковского этот интерес менее характерен. Но все же он проявлялся, и я сейчас прошу послушать грузинскую колыбельную песню «Иав нана, вардо нана». И вслед за тем – «Арабский танец» из «Щелкунчика» - балета Чайковского. Необыкновенное сходство! Чайковский узнал грузинскую песню от своего друга, ученика Римского-Корсакова композитора Ипполитова-Иванова, который записал ее в Восточной Грузии. Ипполитов-Иванов долгие годы жил в Тифлисе» (Андроников, 1975, с.67). Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) цитирует Д.Баланчина, который рассказывает, откуда в балете «Щелкунчик» Чайковского появился арабский танец: «Для арабского танца Чайковский взял грузинскую колыбельную. Это грузинская мелодия, а не арабская, - но кому какое дело? Получился маленький шедевр» (Волков, 2001, с.162). Об этом же сообщает Алла Язькова в статье «Кавказ и Россия» (журнал «Вестник Европы», 2004, № 11): «Не говоря уже о значении кавказской проблематики в творчестве Пушкина и Лермонтова, совместная история налагала свой отпечаток на творчество многих деятелей Золотого и Серебряного века русской культуры. Грузию часто посещал П.И.Чайковский, и в финале балета «Щелкунчик» им были использованы мотивы известной грузинской колыбельной» (А.Язькова, 2004).

**211) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский в процессе создания струнного секстета «Воспоминания о Флоренции» (1892) по аналогии перенес в него некоторые мелодии из своей оперы «Пиковая дама» (1890). Г.А.Моисеев в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Камерные ансамбли П.И.Чайковского» (Москва, 2006) указывает: «Прямых свидетельств самого Чайковского об отражении в Секстете материала «Пиковой дамы» не обнаружено, но несколько косвенных указаний есть в письмах композитора к своей двоюродной сестре А.Мерклинг и к первому исполнителю Секстета Е.Альбрехту. Несомненным доказательством отражения «Пиковой дамы» в Секстете является введение явной аллюзии – почти цитаты – из антракта к 5-й картине оперы в центральный эпизод II части Секстета» (Моисеев, 2006, с.31). «...Творческие материалы «Пиковой дамы» и Секстета, - аргументирует Г.А.Моисеев, - взаимопроникают друг в друга на уровне рукописей. В работе (диссертации автора – Н.Н.Б.) подробно анализируются наброски Секстета из эскизной тетради III действия «Пиковой дамы» и эскизная тетрадь самого Секстета, в которой находится фрагмент упомянутой арии. Предположение еще более подкрепляется тем, что мотивика I части связана с «цитатой» из эпизода II части» (там же, с.31).

**212) Аналогия Петра Ильича Чайковского.** П.И.Чайковский при создании своей Шестой симфонии (1893), называемой «Патетической», использовал во второй части данного произведения мелодию эстонской народной песни «Дорогая Мари». Эту песню он слышал в эстонском городе Хаапсалу (Гапсала). Ада Горбачева в статье «Любовь после развода» («Независимая газета», 29.06.2001 г.) пишет об этом городе: «Очаровал Хаапсалу и Чайковского, который написал три пьесы для фортепиано «Воспоминания о Гапсале» и использовал мелодию эстонской народной песни «Дорога Мари» в Шестой симфонии» (А.Горбачева, 2001). Об этом же пишет Д.Г.Баев в статье «Вариант вспомогательного международного языка (аксиом-вариант)», которая содержится в книге «Проблемы интерлингвистики» (Москва, «Наука», 1976): «Помимо русского фольклора, Чайковский использовал в своих сочинениях также песни и музыку других народов. Например: во второй части шестой симфонии мы слышим тему эстонской песни «Kalis Maria» (Д.Г.Баев, 1976). Как ни удивительно, некоторые музыковеды находят в Шестой симфонии Чайковского следы музыки из оперы Ж.Бизе «Кармен» (1875). Например, обнаружено существенное сходство мелодии первой части Шестой симфонии русского композитора с арией Хозе о цветке из оперы «Кармен» Бизе. Борис Кушнер в статье «Рекомендательное письмо» (журнал

«Вестник», № 10 (247) от 12 мая 2004 г.), начиная с указания на то, что С.С.Прокофьев, вероятно, использовал в опере «Любовь к трем апельсинам» мелодию миниатюрной сюиты Бизе «Детские игры» (1863), далее пишет об аналогии Чайковского: «Я слышу отзвуки этой миниатюры в марше из «Любви к трем апельсинам» Прокофьева. И поскольку речь зашла об «отзвуках», упомяну также мое давнее наблюдение о сходстве главной темы первой части Шестой симфонии Чайковского с арией Хозе о цветке. Отмечает это сходство и Дин [16]» (Б.Кушнер, 2004).

**213) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков во время работы над своей Первой симфонией, имеющей две редакции (1865, 1884), включил в нее мелодию старинной народной песни «Про татарский полон». Иосиф Кунин в книге «Римский-Корсаков» (Москва, «Молодая гвардия», 1964) пишет: «Еще в Первой симфонии, талантливой, но ученической, Корсаков поразил чуткого Чайковского медленной частью, построенной на старинной народной песне «Про татарский полон». Чайковский мгновенно схватил новизну формы и, как он выразился, «свежесть чисто русских поворотов гармонии» (И.Кунин, 1964). Музыкальный фольклор пронизывает практически все произведения Римского-Корсакова, который использовал мотивы крестьянских песен, которые слышал в самых различных, порой неожиданных ситуациях. М.Ильин в книге «Бородин», которая входит в 3-й том его «Избранных произведений» в 3-х томах (Москва, 1962) пишет: «Деревенскую песню можно было услышать в девичьей дворянского дома. Песни распевала прачка, полощущая белье, их напевала вполголоса портниха, склонившаяся над шитьем при неровном свете оплывающей сальной свечи. Случалось, что композиторы записывали народные напевы со слов деревенских девушек, которые, поступая в «услужение», приносили с собой не только бедный узелок с пожитками, но и невидимый, драгоценный клад – прекрасные песни своих родных мест. Об этих песнях Герцен говорил, что они для народа «выход из голодной, холодной жизни, душевной тоски и тяжелой работы». Римский-Корсаков рассказывает, что он «записывал песни от прислуги, бывшей родом из дальних от Петербурга губерний». «Однажды (это было у Бородина) я долго бился, сидя до поздней ночи, чтобы записать необыкновенно капризную ритмически, но естественно лившуюся свадебную песню («Звон-колокол») от его прислуги Дуняши Виноградовой, уроженки одной из приволжских губерний» (Ильин, 1962, с.325).

**214) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Повторим, что Н.А.Римский-Корсаков при работе над Второй симфонией «Антар» (1868) использовал арабскую музыку, заимствованную из сборника алжирских мелодий, составленного А.Ф.Христиановичем в 1861 году. Мы уже приводили доводы А.З.Егорова, который в книге «Египет нашего времени» (Москва, 1998) описывает пребывание А.Христиановича в Северной Африке, где он почерпнул элементы арабской музыки древних времен. Здесь процитируем М.В.Сайфуллину, которая в статье «Отражение восточной ментальности в мировой музыкальной культуре» («Вестник Томского государственного педагогического университета», 2004, выпуск 2 (39)) отмечает: «Первое «восточное» симфоническое произведение, с которым выступила Новая русская музыкальная школа («Могучая кучка»), нашло выражение в симфонической поэме по сказке О.Сенковского «Антар» («Тамара» Балакирева тогда еще не была закончена). В этом произведении, в противоположность своим предшественникам, Римский-Корсаков цитирует подлинные арабские песни. Композитор для создания оригинального образа обрамляет фольклорную мелодию красочной гармонией, тембрами и фактурой» (Сайфуллина, 2004, с.155).

**215) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков по аналогии перенес в свою оперу «Псковитянка» (1872) русскую хороводную песню «Как под лесом». И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (Москва, 1964) говорит о песне, которая звучит в опере «Псковитянка»: «Песня вольницы, оставляющей родной город, чтобы не покориться царю

Ивану, - это героическое прощание с прошлым, уже невозвратным. В основу хора вольницы легла раздольная хороводная песня «Как под лесом». Композитор придал ей могучее маршеобразное движение. И такой молодой удалью, такой беззаветной готовностью «сложить буйны головы» зазвучала она, что революционная молодежь семидесятых годов почувяла здесь родную стихию. В насмешливо гневных словах «Али не на чем точить ни мечей, ни топоров?» она признала голос революции» (И.Кунин, 1964). «Музыкальный образ народа, - говорит И.Кунин об истоках музыки «Псковитянки» и песен ее героев, - определил весь эпический по своему существу склад «Псковитянки». Крестьянский и посадский старинный быт, крестьянская песня стали выражением народного характера. Свои чувства Ольга или Михаил выражают языком народной песни или близких к ней музыкальных форм, созданных художником» (И.Кунин, 1964). Необходимо отметить, что М.Мусоргский помогал Римскому-Корсакову в работе над оперой «Псковитянка». Т.Попова в книге «Мусоргский» (1967) отмечает: «В то время Римский-Корсаков почти заканчивал свою «Псковитянку». Опера эта очень нравилась Мусоргскому. Уроженец Псковской губернии, он немало помогал Римскому-Корсакову в создании «Псковитянки». Хорошо зная народные песни родного края, он сочинил для либретто оперы тексты некоторых хоров, например, песню девушек, величающих Грозного...» (Т.Попова, 1967).

**216) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков при создании струнного квартета на русские темы (1879) использовал в его финале мелодию церковного молебна «Преподобие отче». Позже Римский-Корсаков по аналогии перенесет эту мелодию в свою оперу «Садко» (1897). Сочиняя музыку для оперы «Псковитянка» (1873), Римский-Корсаков включил в нее мелодии песнопений, которые он слышал еще в детстве в Тихвинском Богородицком монастыре. Те же мелодии песен монахов легли в основу его оркестровой прелюдии «Над могилой» (1904). Н.Ю.Плотникова в статье «Духовная музыка Н.А.Римского-Корсакова» (книга «Римский-Корсаков Н. Собрание духовно-музыкальных сочинений: для смешанного хора без сопровождения», Москва, 2001) пишет: «Отзвуки духовно-музыкальных впечатлений детства и отрочества находили отражение в произведениях Н.А.Римского-Корсакова. Приведем лишь некоторые примеры. Финал одного из ранних сочинений – струнного квартета на русские темы (1879) – назывался «В монастыре». В нем Римский-Корсаков использовал «церковную тему, поющуюся обыкновенно на молебнах («Преподобие отче, имярек, моли Бога за нас») в «имитационном стиле». Впоследствии эта тема в преобразованном виде была использована в «Садко», в сцене появления Старчища (Николая Угодника), прерывающего пир у Морского царя. Тему Иоанна Грозного из «Псковитянки», по словам В.В.Ястребцова, Римский-Корсаков выводил «из пенья монахов в Тихвинском Богородицком монастыре и вообще из знаменного распева». Оркестровая прелюдия «Над могилой» памяти М.П.Беляева (1904) была написана на «панихидные темы из обихода с подражанием монашескому похоронному звону, запомненному мною в детстве в Тихвине» (Н.Ю.Плотникова, 2001).

**217) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков по аналогии перенес в свою оперу «Снегурочка» (1881) мелодию напева тихвинских монахов, которую он слышал в детстве. И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (1964) пишет о работе русского композитора над «Снегурочкой»: «...Все лишнее вытеснилось из памяти деятельной в память пассивно-механическую, на склад. Пусть лежит там «до востребования». Зато всплыло позабытое детство. Вспомнился бойкий напев монахов, созывавших молодич грести сено для божьей матери. Вспомнился – и стал речитативом бирючей, скликающих народ в палаты царя Берендея «суд судить, ряд рядить». Наигрыш тихвинского пастуха подошел Лелю. Пригодились и веселые проводы масленицы» (И.Кунин, 1964). Есть в этой опере и другие народные мелодии. Некоторые из них Римский-Корсаков заимствовал из того сборника песен русского фольклора, который он готовил в период 1875-1877 годов. И.Кунин в той же книге пишет о Римском-Корсакове: «Уже во время работы над сборником «Сто русских народных

песен» в 1875-1877 годах его потянуло к самым древним, первоизданным напевам. До этого они мало привлекали знатоков. В их выразительности было нечто строгое, исполненное достоинства и той высшей естественности, какую зовут благородством. Все эти заклинания весны, русальные, купальские песни, зимние колядки и прощания с зимой были сложены людьми, которые не состояли в рабах ни у бога, ни у людей. Долгие века феодального гнета обрядовые песни жили в народе как смутная, но бесценная память об ином, справедливом порядке вещей» (И.Кунин, 1964). «С того мига, - говорит И.Кунин о Римском-Корсакове, - когда он открыл для себя подлинное значение старинных обрядовых песен, дав им почетное положение в своем сборнике, он, в сущности, уже заложил прочную основу для своей дальнейшей художественной деятельности и, прежде всего, для «Снегурочки» (И.Кунин, 1964).

**218) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков во время сочинения симфонической сюиты «Шехерезада» (1888) ассимилировал персидский (иранский) музыкальный фольклор. С.С.Прокофьев в статье «Сочинять – значит слагать, выдумывать» (журнал «Советская музыка», 1991, № 4) повествует: «Когда я был в Баку и шел по Набережной, там сидел старик, играл на дудочке и собирал деньги. Его музыка была странно похожа на «Шехерезаду». Дело в том, что иранская музыка оказала большое влияние на азербайджанскую и армянскую. Возможно, что влияние было перекрестным. Римский-Корсаков, сочиняя «Шехерезаду», использовал иранский материал. И этот новый материал в соединении с гениальной оригинальностью Римского-Корсакова дал невероятное по яркости произведение «Шехерезаду», поразившую не только нас, но и Запад...» (С.С.Прокофьев, 1991).

**219) Аналогия Николая Римского-Корсакова и Николая Мясковского.** Н.А.Римский-Корсаков при создании оперы «Царская невеста» (1899) включил в данное произведение мелодию русской величальной песни «Слава». Что касается русского композитора Н.Я.Мясковского, то он вплел эту мелодию в свою Двадцать седьмую симфонию (1949). Необходимо также вспомнить, что русская народная песня «Слава» звучит в знаменитой опере М.П.Мусоргского «Борис Годунов» (1869), а также в его фортепианной сюите «Картинки с выставки» (1874). Д.Б.Кабалевский в книге «Про трех китов и про многое другое» (Москва, 1976) описывает эпизод исполнения народной песни «Слава»: «В первой части музыка совсем незнакомая и вовсе не похожа на русскую. Но вот началась вторая часть, и опять – сперва одна скрипка, потом виолончель, альт и, наконец, другая скрипка, - все они по очереди пропели очень старинную мелодию – русской величальной песни «Слава». Эту песню мы знаем хорошо: она звучит у Римского-Корсакова в «Царской невесте», у Мусоргского – в «Борисе Годунове», ее очертания мы без труда узнаем и в одной из лучших советских симфоний – в Двадцать седьмой симфонии Мясковского» (Д.Б.Кабалевский, 1976).

**220) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков при сочинении оперы «Сказка о царе Салтане» (1900) вплел в ее художественную ткань следующие народные песенные мелодии. И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (1964) рассуждает: «На то и красота, чтобы поднимать из мрака к свету, усыплять слепое отчаянье, будить веру в человека. И все это богатство стало музыкой. С первых звонких фанфар, открывающих действие, до заключительного хора катится щедрый сверкающий поток звуков. Все здесь послушно воле художника: ласковая колыбельная и «Ладушки», бойкая «Во саду ли, в огороде», задумчивая «На море утушка», умирительно гудящий полет шмеля и человеческий говор» (И.Кунин, 1964).

**221) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков (1902), сочиняя новаторскую оперу «Кашей бессмертной», по аналогии перенес в нее композиционные схемы, характерные для опер Рихарда Вагнера, к которому русский композитор, как ни

странно, относился без особой симпатии. Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о России» (2005) пишет о Римском-Корсакове: «Он ранее других примирился с явлением Вагнера, который еще долгое время был чужд русскому музыкальному вкусу, напротив, он много впитал в собственное творчество приемов Вагнера. Он не остался глух даже к явлениям более модернистического мира: Дебюсси и Равелю» (Л.Л.Сабанеев, 2005). Об этом же пишет И.А.Корзухин в очерке «Н.Римский-Корсаков и Рихард Вагнер» (1910): «Что касается влияния Вагнера на Р.-Корсакова, то его, конечно, отрицать невозможно. Сам Р.-Корсаков в своей «Летописи» подробно останавливается на этом вопросе и прямо констатирует, что «многие приемы Вагнера» вошли с течением времени в его «композиторский обиход». Но явление это должно считаться не только нормальным, но прямо-таки неизбежным, и еще не было в мире ни одного композитора, который не воспользовался бы, не «ввел бы в свой композиторский обиход» тех или иных музыкальных изобретений и открытий своих предшественников» (И.А.Корзухин, 1910). И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (1964) описывает рассуждения русского композитора, решившего перенять некоторые музыкальные приемы у Ф.Листа и Р.Вагнера: «Если новые гармонические обороты и оркестровые средства, введенные Листом и особенно Вагнером, драгоценны, то нельзя ли применить их, не впадая при этом в злоупотребления? Если бесформенность и гармонические «безобразия» не составляют неотъемлемого элемента музыки Вагнера, то нельзя ли соединить в высшем единстве изумительное богатство и пряную красоту новой гармонии, выразительность и свободу новой музыкальной формы, всю мощь послевагнеровского оркестра с трезвой логикой и безупречной правильностью музыки классической? И не является ли такой синтез, если только он возможен, важнейшей задачей, какую может перед собою поставить художник, осознавший грозную опасность музыкального декаданса? В 1901-1902 годах он делает крупный шаг в избранном им направлении: композитор выступает с принципиально новым решением проблемы в небольшой, но выдающейся по своему идейному и художественному значению опере «Кашей бессмертной» (И.Кунин, 1964).

**222) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков (1907) при работе над оперой «Золотой петушок», по аналогии перенес в нее мелодию русской народной песни «Чижик». Р.Х.Зарипов в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983) пишет: «Заимствование и последующая трансформация (варьирование) музыкальных тем при сочинении музыкальных произведений не являются плагиатом в широком понимании этого слова. Многие композиторы сознательно использовали в своих сочинениях известные мелодии, большей частью мелодии народных песен. Например, мотив «Чижика» в арии царя Додона из оперы Римского-Корсакова «Золотой петушок» или тема «Во поле береза стояла» - в симфонии Чайковского» (Зарипов, 1983, с.96). Об этом же пишет Д.Б.Кабалевский в книге «Про трех китов и про многое другое» (1976): «Гениальная опера Римского-Корсакова и «Чижик» - невероятное сопоставление, правда? А вот взял замечательный музыкальный сказочник «Чижика» и вложил в уста самого царя Додона, то бишь Николая II. Да еще в какой момент! Когда царь по уши влюбился в красавицу шемаханскую царицу и жениться на ней собрался. И в эту минуту Римский-Корсаков заставил царя петь на мотив «Чижика» такие слова:

Буду век тебя любить,  
Постараюсь не забыть,  
А как стану забывать,  
Ты напомнишь мне опять» (Кабалевский, 1976, с.93).

**223) Аналогия Николая Римского-Корсакова.** Н.А.Римский-Корсаков (1907), помимо мелодии песни «Чижик-пыжик», использовал в опере «Золотой петушок» музыку из своих предыдущих оконченных и неоконченных произведений. В частности, композитор перенес в оперу «Золотой петушок» мелодии из набросков к неосуществленным операм «Багдадский брадобрей» и «Стенька Разин», один мотив из неоконченной оперы Мусоргского «Саламбо»,

мелодию «Песни Индийского гостя» из оперы «Садко» (1896). И.Кунин в книге «Римский-Корсаков» (Москва, «Молодая гвардия», 1964) описывает процесс работы Римского-Корсакова над «Золотым петушком»: «...Темы царицы и Звездочета почерпнуты в значительной своей части из музыкальных заготовок или родственны мелодиям, уже встречавшимся у автора «Золотого петушка». Для образа восточной девушки дивной красоты пригодились наброски, сделанные в разное время к неосуществленным операм («Багдадский брадобрей» и «Стенька Разин»). Эпизод пляски связан с «Шехерезадой» и включает мотив из неоконченной ранней оперы Мусоргского «Саламбо» (что и оговорено Корсаковым). Наконец, таинственная, завораживающая мелодия звездочета местами чрезвычайно близка к среднему разделу песни Индийского гостя («Есть на теплом море...»). Весь этот полуготовый музыкальный материал разработан в опере с мастерством и блеском исключительными, превышающими едва ли не все, что когда-либо делал композитор» (И.Кунин, 1964). Еще раз подчеркивая постоянную опору русского композитора на музыкальный фольклор, хочется процитировать музыковеда Г.Ловцкого. В статье «Н.А.Римский-Корсаков. Источники его творчества» (журнал «Современные записки», 1921, книга VI) Г.Ловцкий говорит: «С народным напевом Римский-Корсаков уже не разлучится во всю свою жизнь. Его будут даже упрекать в слабой мелодической изобретательности из-за склонности пользоваться часто всякого рода напевами – русскими, восточными, испанскими. Упрек несправедливый и пристрастный» (Ловцкий, 1921, с.96). «Душа Римского-Корсакова, - раскрывает Г.Ловцкий источники, питавшие творческую мысль композитора, - всегда тяготела к широкому песенному складу, и оттого он так охотно заимствовал целые темы из сокровищницы народного творчества» (там же, с.97).

**224) Аналогия Александра Скрябина.** А.Н.Скрябин написал Прелюдию к своей «Мистерии» по аналогии со Второй (a-moll-ной) прелюдией Шопена. Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о Скрябине» (Москва, 2000) рассказывает о том, как известный музыковед и друг Скрябина Николай Сергеевич Жилиев отреагировал на Прелюдию Скрябина: «Я обратил внимание еще на одно событие. Когда Александр Николаевич показал ее Жилиеву, то тот, со свойственным ему умением всегда немедленно схватывать «филогенезис» произведения, сейчас же указал на вторую (a-moll-ную) прелюдию Шопена, и именно на сходство аккомпанемента. Скрябин, который никогда не любил указаний на «филогенезисы» в своих произведениях, конечно, не согласился и даже немного надулся» (Сабанеев, 2000, с.316). «Но мне увиделась в словах Н.Жилиева, - продолжает Л.Л.Сабанеев, - та правда, что все-таки «по настроению» именно тут было что-то общее. И я вспомнил, что известная легенда приписывала этой шопеновской прелюдии смысл и значение смерти... Какое странное совпадение» (там же, с.316). Необходимо отметить, что произведения польского композитора Фредерика Шопена оказали значительное влияние на Скрябина в ранний период его творчества. Г.Л.Ловцкий в статье «Музыка и диалектика: о творчестве А.Н.Скрябина» (журнал «Современные записки», 1920, книга II, с.124-140) констатирует: «Творческие импульсы жили в Скрябине с раннего детства. Чуть ли не с тринадцатилетнего возраста он уже сочинял музыку, но его собственное творческое «Я» было еще настолько слабо в нем, что оно искало себе опоры в великих образцах. Такими были для него в области гармонии и маленьких форм – Шопен, в области крупных музыкальных форм – Бетховен. Можно ли даже и музыкальному гению избежать влияния предшествующей культуры? Наверяд ли!» (Ловцкий, 1920, с.126-127). «Шопен должен был, - аргументирует Г.Л.Ловцкий, - оказать особенно сильное влияние на Скрябина. Прелесть, прозрачность маленьких музыкальных форм, в которых Шопен был таким мастером, блестящее пианистическое убранство соответствовали аристократической, тепличной натуре Скрябина» (там же, с.127).

**225) Аналогия Александра Скрябина.** А.Н.Скрябин по аналогии перенес в одно из своих симфонических произведений мелодию «Танца афганской сабли», которую ему подарил один из видных представителей духовной традиции восточной школы суфизма Хазрат Инайят Хан

(1882-1927). В предисловии к книге Хазрата Инайята Хана «Мистицизм звука» (Москва, «Сфера», 1997) отмечается: «В 1913 году Хазрат Инайят Хан поехал в Россию, где познакомился с Сергеем Толстым, сыном знаменитого романиста графа Льва Толстого, а также с композитором Александром Скрябиным, которому он также подарил мелодии, и некоторые из них, в частности, «Танец Афганской Сабли», Скрябин впоследствии использовал в одном из своих симфонических произведений» (Х.И.Хан, 1997).

**226) Аналогия Александра Скрябина.** А.Н.Скрябин в процессе создания своей Седьмой сонаты, которая называется «Белая Месса», перенес в нее один из фрагментов музыки, которая существовала в эскизах и предназначалась для его сочинения с загадочным названием «Мистерия». Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о Скрябине» (Москва, 2000) повествует: «В Седьмой сонате есть один эпизод, который имел долгую историю. Это одна из последних страниц сонаты. Новая тема была сначала Александром Николаевичем заготовлена для Мистерии. Это были «огни», как пояснял Скрябин. Тема была сочинена еще давно, едва ли не при Третьей симфонии еще. Эпизод этот несколько раз то появлялся, то исчезал из сонаты. В один из последних моментов он вдруг вовсе исчез, но тут я и доктор упростили его сохранить. Александр Николаевич, видимо, сомневался в том, не представляет ли этот момент, сочиненный ранее, некоторой «чуждости» остальному сочинению. Долгое время соната была готова, за исключением двух тактов на предпоследней странице» (Сабанеев, 2000, с.122).

**227) Аналогия Александра Скрябина.** А.Н.Скрябин сочинил финал фортепианной миниатюры-поэмы «К пламени» (1914) по аналогии с финалом Этюда ми мажор Ф.Шопена. Борис Бородин в статье «Гульд играет Шопена и Скрябина» (альманах «Портфолио», выпуск 95, 22 мая 2005 г.) констатирует: «Поздний Скрябин часто декларировал свое охлаждение к музыке кумира молодости (Шопена – Н.Н.Б.), но следы испытанных влияний заметны вплоть до его последних фортепианных опусов, несмотря на кардинальное обновление гармонического языка. Традиционная природа гармонических новаций автора «Прометей» распознается, например, в сопоставлении финального взлета поэмы «К пламени» и завершения Этюда Ми мажор (ор.25, № 5) Ф.Шопена. Н.Жилаев, по свидетельству Л.Сабанеева, пронизательно указал на глубинное родство сосредоточенно-скорбной Прелюдии Ф.Шопена ля минор и Прелюдии ор.74, № 2 А.Скрябина с ее мистически отрешенным колоритом» (Б.Бородин, 2005). Далее приведем слова Б.Бородина, который вслед за другими музыковедами подчеркивает детерминированность ряда сочинений Скрябина музыкой Ф.Шопена: «В отечественной традиции Шопен и Скрябин воспринимаются как генетически родственные явления. Действительно, шопеновские влияния у Скрябина прослеживаются даже на уровне жанровых заимствований. Это прелюдии, ноктюрны, экспромты, этюды, вальсы, мазурки, полонез, концертное аллегро. Изящество и тонкость письма отличают его ранние сочинения. Они буквально пронизаны «фактурными цитатами», подтверждающими отмеченное родство» (Б.Бородин, 2005). О том, что А.Скрябин по аналогии опирался на музыкальное наследие Ф.Шопена, пишет В.В.Рубцова в книге «А.Н.Скрябин» (Москва, «Музыка», 1989): «...Обратим внимание, что особенно в связи с мазурками многие исследователи определяют начальный период творчества Скрябина как этап безусловного влияния Шопена. Это же отмечали в свое время первые слушатели и первые рецензенты (в частности, Ц.А.Кюи). Действительно, факт увлечения Скрябина в эти годы музыкой великого польского композитора оспорить трудно, как и глубокое внутреннее родство музыкальных натур обоих авторов» (В.В.Рубцова, 1989). Далее В.В.Рубцова приводит следующий пример: «Сохранившийся в неполной записи этюд ре-бемоль мажор (1887, из цикла Шесть Этюдов юношеского опуса 9) имеет следы явного влияния Шопена. Как и однотональный ноктюрн 1888 года, он так и не был опубликован» (В.В.Рубцова, 1989).

**228) Аналогия Эдварда Грига.** Э.Григ во многих своих произведениях использовал песенную и танцевальную народную музыку Норвегии. С.Романовская в статье «Норвежский композитор» (журнал «Крылья», 2008, № 10) описывает творчество Грига в период его знакомства со знаменитым датским сказочником Хансом Андерсоном: «В одном из произведений Грига этого периода, сборнике лирических пьес «Поэтические картинки» (1863 год), национальные черты слышны даже в ритмическом построении, которое сродни ритмическим фигурам норвежских народных жанров (что, кстати, стало характерной чертой многих произведений композитора). Простота и при этом некая изящность очертаний мелодии в пятой «картинке» навеяны народными песнями. В ярких «юморесках» (1865 год) смело звучат острые ритмы народных танцев, в частности, встречается лидийская ладовая окраска, характерная для народной музыки. Однако в «Юморесках» еще чувствуется влияние мазурок Шопена – композитора, которого Григ, по собственному признанию, «обожал» (Романовская, 2008, с.21). «Значимым для творческого развития композитора, - повествует С.Романовская, - стало знакомство в 1869 году с классическим сборником норвежского музыкального фольклора, составленным известным композитором и фольклористом Л.М.Линдеманом (1812-1887). Непосредственным результатом этого явился цикл Грига «Норвежские народные песни и танцы для фортепиано». Образы, представленные здесь: излюбленные народные танцы – халлинг и спринг-данс, разнообразные шуточные и лирические, трудовые и крестьянские песни» (там же, с.22). Со слов С.Романовской, «соприкасаясь с народной песней, композитор впитывал в себя те методы музыкального письма, которые коренились в самом народном творчестве» (там же, с.22). «Автор многочисленных обработок народных песен, композитор, всегда так тесно связанный с народной музыкой, он в 1896 году создает известный цикл «Норвежские народные мелодии» - это девятнадцать тонких жанровых зарисовок, поэтических картинок природы и лирических миниатюр» (там же, с.24).

**229) Аналогия Клода Дебюсси.** Французский композитор К.Дебюсси (1902) при создании оперы «Пеллеас и Мелизанда» по аналогии перенес в нее фрагменты музыки М.Мусоргского, а именно мелодические обороты из его оперы «Борис Годунов» (1874). Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о России» (2005) повествует: «Еще заехавший в Россию в девяностых годах Дебюсси (как известно, великий французский новатор был учителем в семье фон Мекк в Москве) обратил внимание на Мусоргского, на его «дикости», которые предстали его эстетическому взору в совершенно ином свете. Именно смелость Мусоргского поразила Дебюсси... Влияние Мусоргского, главным образом, в области гармонии и мелодии, можно проследить в ранних произведениях Дебюсси – вплоть до «Пеллеаса», в напевности которого много родственного «Борису» (Л.Л.Сабанеев, 2005). Об этой аналогии Дебюсси говорят многие авторы. Так, в статье «У музыки в России – особая судьба» (газета «День литературы», № 26 (239) от 01.07.1998 г.) Г.Свиридов говорит о Дебюсси: «Он жил в России, был преподавателем музыки у детей фон Мекк, поклонницы Чайковского. Она называла его «мой маленький Бюсси». Здесь он узнал «Бориса Годунова». И вывез клавир отсюда. Он был потрясен. Это послужило толчком, и он начал писать, постигать благодаря Мусоргскому гармонический стиль. Мусоргский раскрепостил форму музыки» (Г.Свиридов, 1998). Б.Кандинский в книге «О духовном в искусстве» (Москва, «Архимед», 1992) повествует: «Сильное влияние на Дебюсси оказала русская музыка – Мусоргский. Неудивительно, что имеется известное сродство Дебюсси с молодыми русскими композиторами, к числу которых, в первую очередь, следует причислить Скрябина. В звучании их композиций имеется родственная нота» (Б.Кандинский, 1992). Виктор Юзефович в статье «Парижский триптих Сергея Кусевицкого» (альманах «Заметки по еврейской истории», № 2 (105), январь 2009 г.) поясняет: «Свободой формы и экзотизмом Мусоргского, его «эмоциональным простодушием» был покорен, приступая к работе над «Пеллеасом и Мелизандой», Клод Дебюсси. Услышав в исполнении Дебюсси первый акт «Бориса», подпал под обаяние оперы и Поль Дюка» (В.Юзефович, 2009).

**230) Аналогия Клода Дебюсси.** К.Дебюсси в ряде своих произведений использовал музыкальные идеи и приемы, по аналогии заимствованные у французских композиторов-клавесинистов 17-18 веков Франсуа Куперена (1668-1685) и Жана Филиппа Рамо (1683 1764). С.Савенко в статье «К вопросу о единстве стиля Стравинского» (книга «И.Ф.Стравинский. Статьи и материалы», под редакцией Б.Ярустовского, Москва, «Советский композитор», 1973) пишет: «Дебюсси привлекала старая французская классика: он сознательно использовал многие приемы клавесинистов (например, купереновская «мелкая техника» в трансформированном виде стала одной из характерных черт фортепианной фактуры Дебюсси [16]; кроме того, он стремился воскресить сам дух старинной музыки – и в этом отношении с особым почтением Дебюсси относился к Рамо («Посвящение Рамо»). И для Дебюсси, и для Равеля в музыке Рамо воплощались лучшие черты французской культуры, поэтому обращение к нему становилось формой укрепления национальной традиции» (Савенко, 1973, с.282).

**231) Аналогия Клода Дебюсси, Эрика Сати, Игоря Стравинского и других композиторов.** К.Дебюсси, Э.Сати, И.Стравинский и другие архитекторы музыкальных форм, создавая произведения, отражающие веяния своего времени, переносили в них фрагменты джазовой музыки. Это придавало их творениям совершенно новое звучание. А.В.Чернышев в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Джаз и музыка европейской академической традиции» (Москва, 2009) пишет о Дебюсси и других композиторах: «...Вплетая джазовые элементы в свои произведения, композиторы вовсе не отказывались от своего индивидуального языка, а, совсем наоборот, создавали новые уникальные стили-сплавы, новую интерпретацию джаза, что видно на многочисленных примерах музыкального авторского творчества всего XX века – от Дебюсси до Шнитке» (Чернышев, 2009, с.1). «Джазовая «плоть», - продолжает А.В.Чернышев, - проявилась и в оркестровой профессиональной музыке начала века. Это балет «Parade» Э.Сати, «Рэгтайм» для одиннадцати инструментов И.Стравинского, фокстрот для симфонического оркестра «Прощай, Нью-Йорк» Ж.Орика, фокстрот из Камерной музыки № 1 П.Хиндемита и т.д. Многие авторы увидели джаз в качестве удачного средства изображать кабаре или кабак – те образы и места, где сконцентрировалась вечерняя жизнь современного мегаполиса» (там же, с.13).

**232) Аналогия Мориса Равеля.** Одно из незаконченных произведений М.Равеля «Шехерезада», над которым композитор работал до 1899 года, создавалось по аналогии с симфонической сюитой Н.Римского-Корсакова «Шехерезада» (1888). Рене Шалю в книге «Равель в зеркале своих писем» (1998) пишет о Равеле: «Шехерезада» написана под сильным влиянием русской музыки. Это признает сам Равель и замечают слушатели. И за это же на Равеля нападает критика. Она встревожена появившейся во французской музыке «русской» новизной. Особенно недоброжелательно выступает Пьер Лало, критик, пользовавшийся авторитетом, сразу невзлюбивший Равеля» (Шалю, 1998, с.205). Р.Шалю характеризует Равеля следующим образом: «Он был очень трудолюбив и, следуя классическому методу, советовал своим ученикам много работать и переписывать образцовые произведения других композиторов. Сам он заимствовал необходимые элементы у старых и современных мастеров и смиренно говорил, что всю жизнь только копировал других» (там же, с.191). С.С.Прокофьев в статье «Сочинять – значит слагать, выдумывать» (журнал «Советская музыка», 1991, № 4), замечая, что источником «Шехерезады» Римского-Корсакова послужил музыкальный фольклор Ирана, говорит о Равеле: «...Композитор, который не имел, казалось бы, никакого отношения ни к Ирану, ни к Римскому-Корсакову, - Равель – долгое время не мог освободиться от влияния «Шехерезады» в своей музыке» (С.С.Прокофьев, 1991).

**233) Аналогия Мориса Равеля.** Французский композитор М.Равель написал Второй фортепианный концерт для исполнения левой рукой (1931) по аналогии со Вторым фортепианным концертом Ф.Листа (1861). Н.Барабанов в статье «Музыка должна быть прекрасной...» (газета «Искусство», 2006, № 8) пишет о произведениях Равеля, отражавших его впечатления от Первой мировой войны: «Ужасы войны он знал не понаслышке, и потому вполне естественным было его посвящение фортепианного цикла «Гробница Куперена» (1917) памяти погибших в той войне друзей, равно как и написание в 1931 г. Второго, «леворучного», концерта для фортепиано с оркестром, с его явными отголосками Второго фортепианного концерта Листа (как интонационно, так и композиционно – оба концерта являются одночастными и оба впечатляют размахом и масштабностью, равно как и виртуозностью партии солиста)» (Н.Барабанов, 2006).

**234) Аналогия Мориса Равеля.** М.Равель создал оперу «Испанский час» (1907) по аналогии с неоконченной оперой М.Мусоргского «Женитьба». Н.Барабанов в статье «Музыка должна быть прекрасной...» (газета «Искусство», 2006, № 8) приводит высказывания Равеля о своем произведении «Испанский час»: «То, что я попытался сделать – довольно смело: я хотел возродить итальянскую оперу-буфф – вернее, только ее принципы». Однако прообразом «Испанского часа», по признанию композитора, стала неоконченная опера М.Мусоргского «Женитьба» (писалась на текст комедии Гоголя), которую Равель не только знал, но и занимался ее оркестровкой» (Н.Барабанов, 2006).

**235) Аналогия Мориса Равеля.** М.Равель создал свое произведение для симфонического оркестра «Испанская рапсодия» (1907) по аналогии с великолепным симфоническим произведением Н.Римского-Корсакова «Испанское каприччио» (1887). Н.Барабанов в статье «Музыка должна быть прекрасной...» (газета «Искусство», 2006, № 8) отмечает: «Что касается «Испанской рапсодии», написанной следом за «Испанским часом», то в данном случае композитор находился под сильным художественным впечатлением от блистательного по оркестровке «Испанского каприччио» Римского-Корсакова. Полученные от великого русского композитора уроки оркестровой колористики Равель использовал опять-таки в русле эстетики импрессионизма» (Н.Барабанов, 2006). Вообще, М.Равель не скрывал, что постоянно учился у великих музыкантов прошлого. Н.Барабанов в той же статье цитирует Равеля: «Я никогда не пытался опровергать установленные законы гармонии и композиции. Наоборот, я всегда искал вдохновение в творчестве великих мастеров (никогда не перестаю учиться у Моцарта!), и моя музыка в своей основе опирается на традиции прошлого, вырастает из них» (Н.Барабанов, 2006).

**236) Аналогия Мориса Равеля.** М.Равель написал музыку одной из частей балета «Дафнис и Хлоя» (1912) по аналогии с «Половецкими плясками» Александра Бородина, которые являются балетным фрагментом его оперы «Князь Игорь» (1890). Г.Филенко в статье «Морис Равель и его письма», которая является предисловием к книге Рене Шалю «Равель в зеркале своих писем» (1998), констатирует: «...Находка Мусоргского в «Женитьбе» новой вокальной интонации, рожденной живой речью, служит Равелю образцом для его вокальной мелодии в «Естественных историях» и «Испанском часе»; стиль фортепианных пьес Балакирева вызывает в Равеле желание превзойти виртуозность «Исламея», стихийный размах Половецких плясок Бородина вдохновляет Равеля на неистовую вакханалию «Дафниса и Хлоя» (Филенко, 1998, с.16).

**237) Аналогия Мориса Равеля.** М.Равель, сочиняя свое фортепианное Трио (1914), использовал музыкальный фольклор басков – народа, населяющего Испанию. В популярном справочнике «Творческие портреты композиторов» (редактор О.Гусева, 1990) констатируется: «Мать композитора происходила из баскской семьи, чем композитор гордился. Музыкальный фольклор этой редкой национальности с необычной судьбой Равель

неоднократно использовал в своем творчестве (фортепианное Трио) и даже задумывал Концерт для фортепиано на баскские темы» (О.Гусева, 1990).

**238) Аналогия Мориса Равеля.** М.Равель написал произведение для оркестра «Болеро» (1928), которое впоследствии было признано симфоническим шлягером, благодаря тому, что по аналогии перенес в данное произведение и немного трансформировал мелодию арии «Иду к Максиму я» из оперы венгерского композитора Франца Легара «Веселая вдова» (1905). Эту арию в указанной опере поет граф Данило. Яков Рубенчик в статье «Без мелодии не может быть музыки» (альманах «Лебедь», № 305 от 5 января 2003 г.), обсуждая тот факт, что Шостакович при написании эпизода нашествия своей Седьмой симфонии (1941) заимствовал мелодию «Болеро» Равеля, одновременно говорит о том, откуда сам Равель взял эту мелодию. «Интересно, - пишет Я.Рубенчик, - что мотив, использованный для изображения немецкого нашествия, вообще не имеет немецкой основы. Если это, как утверждают специалисты, - трансформация мелодии Легара «Иду к Максиму я», то почему для изображения неметчины Шостакович счел возможным использовать пение русского человека, графа Данило, из оперетты венгерского композитора? Один из возможных ответов: Седьмая симфония была написана до войны, в 1939-40...» (Я.Рубенчик, 2003). В свое время опера Ф.Легара «Веселая вдова» была очень популярна. Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) пишет о «Веселой вдове»: «Уже первый акт оперетты потряс зрителей, аплодисментам не было конца, после второго акта разразилась овация, неслыханная даже в «Ан дер Вин», публика потребовала выхода авторов...» (Д.Самин, 2008).

**239) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Ф.Стравинский в своем балете «Жар-птица» (1910) использовал музыкальный материал русского композитора Николая Черепнина, одного из учителей С.С.Прокофьева. Речь идет о музыке, которую начал писать для балета «Жар-птица» Н.Черепнин. Однако в силу определенных обстоятельств он не завершил начатое, после чего за ту же тему взялся Стравинский. И.Вишневецкий в одном из фрагментов своей книги «Сергей Прокофьев, документальное повествование в трех книгах» (журнал «Топос», 12.08.2008 г.) пишет: «Слушая сохранившуюся часть черепнинской музыки – симфоническую картину «Зачарованное царство» - сейчас видишь, как много взял у него для своей «Жар-птицы» Стравинский: остиная басовая фигура вступления, музыкальный образ впархивающей жар-птицы, элементы оркестровки... Даже в начале самого первого своего балета Стравинский столько же заимствует, сколько и изобретает» (И.Вишневецкий, 2008).

**240) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Ф.Стравинский, создавая свой балет «Петрушка» (1911), а также другие известные произведения, по аналогии перенес в них фрагменты мелодий русских народных песен. В балете «Петрушка», кроме русских мелодий, звучит также французская песенка Спенсера «Она имела деревянную ногу», за которую русский композитор платил деньги Спенсеру и его родственникам после каждого представления «Петрушки». С.Голубков в статье «Фольклор в российской музыке XX века: от Рахманинова до наших дней» (журнал «Музыкант-Классик», 2004, №№ 1-2) повествует: «Вообще, в связи с фольклорными истоками обычно принято говорить о раннем периоде творчества Стравинского – то есть о балетах «Жар-птица» (1910), «Петрушка» (1911) и названной выше «Весне священной». Однако и в балете «Петрушка» фольклорных цитат не намного больше, чем в «Весне священной». Музыковеды-фольклористы отмечают, в частности, цитирование песен «Под вечер, осенью ненастной», «Чудный месяц», «Вдоль по Питерской» и «Не лед трещит, не комар пищит» - правда, что касается последней цитаты, то она иногда связывается исследователями и с песней «А снег тает», где звучит похожая мелодия, но с другими словами; таким образом, существует два разных фольклорных первоисточника этой мелодии, цитируемой в «Петрушке». (Следует отметить, что за использование в этом же балете популярной тогда во Франции песенки Спенсера «Она имела деревянную ногу» Стравинскому приходилось делать отчисления Спенсеру и его родственникам от каждого

представления и концертного исполнения «Петрушки»)» (С.Голубков, 2004). Об этом же пишет С.Савенко в статье «К вопросу о единстве стиля Стравинского» (книга «И.Ф.Стравинский. Статьи и материалы», Москва, 1973): «Среди ранних произведений Стравинского для театра одним из самых «петербургских» с точки зрения отношения к фольклору можно считать балет «Петрушка». Использование подлинных народных тем в массовых сценах очень характерно для творчества русских классиков-кучкистов. Обычно фольклорный материал создавал впечатление особой конкретности сценического действия. С этой же целью народные песни применены и в «Петрушке» (Савенко, 1973, с.287) Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988), учитывая все известные фольклорные и не только фольклорные заимствования Стравинского, называет его должником прошлых времен: «Блестящий пример «должника» прошлых столетий являет собой Стравинский, который едва ли когда-либо «выдумывал» мелодии или хотя бы мотивы. Несмотря на это, его оригинальность и, конечно же, гений обнаруживаются в том, как он распоряжается материалом, заимствованным из русской народной музыки или у профессиональных композиторов» (Лайнсдорф, 1988, с.35).

**241) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Ф.Стравинский в процессе работы над балетом «Весна священная» (1913) ввел в данное произведение мелодии народной песни «Ну-ка кумушка», взятую из сборника песен Н.А.Римского-Корсакова, и русской песни «На море утушка купалась». С.Голубков в статье «Фольклор в российской музыке XX века: от Рахманинова до наших дней» (журнал «Музыкант-классик», 2004, №№ 1-2) отмечает: «Первая из двух фольклорных тем, использованных Стравинским в «Весне священной» в подлинном виде, проводится в I ее части, в № 3 («Игра умыкания»). Это известная русская семицкая песня «Ну-ка, кумушка», заимствованная из сборника Николая Римского-Корсакова (№ 50) (см.: Римский-Корсаков, 1951, 96; Головинский, 1981, 164). Вторая фольклорная тема, звучащая в № 2 (9) II части этого балета («Тайные игры девушек. Хождение по кругам»), - русская свадебная песня «На море утушка купалась», звучащая здесь в том варианте, в каком она была в свое время записана самим Стравинским...» (С.Голубков, 2004). Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) рассуждает: «Где, как Стравинский знакомился с народной песней? В дни детства под Петербургом? В Устилуге бывшей Волынской губернии, в имении своей жены, где жил после женитьбы с 1906 года? На ярмарках в Ярмолинцах, находившихся неподалеку от Устилуга? Это доподлинно неизвестно, однако именно русская народная песня – основной источник его новаторства, его откровение» (Д.Самин, 2008).

**242) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Ф.Стравинский создал балет «Пульчинелла» (1919) благодаря тому, что по аналогии заимствовал и обработал произведения почти забытого итальянского композитора Джованни Перголези (1710-1736). Эрнст Нехамкин в статье «Эйнштейн музыки» (журнал «Вестник», № 16 (249) от 1 августа 2000 г.) пишет: «В 1919 году по предложению Дягилева Стравинский пишет музыку балета «Пульчинелла», целиком основанную на темах итальянского композитора XVIII века Джованни Перголези. Балет положил начало новому длительному периоду в творчестве композитора – периоду «неоклассицизма» (Э.Нехамкин, 2000). Творческие стратегии И.Ф.Стравинского, по-видимому, можно охарактеризовать словами Чарльза Розена, который в статье «Любите ли вы Брамса?» (журнал «Интеллектуальный форум», 2002, выпуск 10) отмечает: «Стравинский как-то сказал Эллиоту Картеру, что всегда пользуется заимствованиями» (Ч.Розен, 2002). Натан Мильштейн в очерке «Рахманинов, каким я его знал» (журнал «Знамя», 1998, № 11), написанном совместно с Соломоном Волковым, сообщает, что первоначально идея переложения сонат Перголези возникла у знатока старинной музыки Алессандро Лонго: «Как-то на мой концерт в Неаполе пришел Алессандро Лонго, замечательный музыкант и знаток старинной музыки. После концерта он повел меня в музей, где хранились материалы по старинной итальянской музыке, среди них и рукописи Перголези. Просмотрев их, я сказал Лонго, что эта музыка будет чудно звучать. И добавил: «Эх, сделал бы кто-нибудь

переложение этих сонат – для скрипки и фортепиано!» И Лонго это сделал! Мы с Рахманиновым проиграли эти сонаты Перголези. Рахманинов был в восторге – и от музыки, и от работы Лонго. Действительно, так хорошо, как это вышло у Лонго, скрипка и фортепиано редко сочетаются. В итоге эта музыка приобрела широкую популярность и ее использовал Стравинский в своем балете «Пульчинелла» (Н.Мильштейн, С.Волков, 1998).

**243) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Ф.Стравинский при создании своего знаменитого балета «Поцелуй феи» (1928) по аналогии перенес в него великолепные мотивы из огромного количества произведений П.И.Чайковского. В частности, И.Ф.Стравинский использовал в своем балете мелодии из таких творений великого композитора, как «Колыбельная песня в бурю» (1883), фортепианное произведение «Листок из альбома» (1873), фортепианный цикл «Детский альбом» (1878), опера «Пиковая дама» (1890), опера «Черевички» (1887), Первая симфония (1866). Соломон Волков в книге «Страсти по Чайковскому» (2001) цитирует Джорджа Баланчина: «Из музыки Чайковского Стравинский больше всего любил его балеты. Он считал, что у Чайковского удивительные мелодии – но не просто мелодии как таковые, а то, как они гармонизованы и оркестрованы. Стравинский говорил: «Какие замечательные вещи можно найти у Чайковского и Гуно!» «Моцартиана» Чайковского, конечно, имела значение для пастишей Стравинского. И, конечно, из этих пастишей один из самых знаменитых – это «Поцелуй феи», балет, который был «Чайковскианой» Стравинского. Сюжет Стравинский вычитал в сказке «Андерсена», но он не важен, а важно, что этот балет – омаж Чайковскому. В нем Стравинский использовал темы из дюжины сочинений Чайковского, в основном фортепианных пьес, но и романсов тоже и даже кое-что из опер. Некоторые темы можно сразу узнать, например, «Колыбельную песню в бурю». Или фортепианный «Листок из альбома». А есть «цитаты», которые только я слышу, потому что я хорошо знаю музыку Чайковского, - из его «Детского альбома», из «Пиковой дамы» или другой оперы – «Черевички». Я даже слышу в этом балете Стравинского отзвуки из Первой симфонии Чайковского!» (Волков, 2001, с.174). Здесь поясним, что омаж – это особая символическая церемония рыцарских времен, которая сопровождалась клятвой верности.

**244) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Стравинский написал музыку для балета «Аполлон Мусaget» (1928) путем заимствования и переработки мелодий французского композитора Жана Батиста Люлли (1632-1687). Концерт Стравинского для фортепиано и духовых инструментов (1924) был создан по аналогии с произведениями И.С.Баха, Симфония псалмов (1930) – по аналогии с сочинениями композитора 13 века, регента собора Парижской Богоматери Перотина, названного Перотином Великим. Стравинский создал известное произведение «Монумент Джезуальдо» (1959) в результате заимствования и переработки (современной оркестровки) мадригалов итальянского композитора Карло Джезуальдо (1566-1613). Милан Кундера в книге «Нарушенные завещания» (СПБ., «Азбука-Классика», 2006) описывает музыку, которую использовал в своем творчестве Стравинский: «...От старинной фольклорной музыки он перешел к Перголези, который предложил ему свою Пульчинеллу (1919), к другим мэтрам барокко, без которых был бы немыслим его Аполлон Мусaget (1928), к Чайковскому, чьи мелодии он переложил в Поцелуе феи (1928), к Баху, опекавшему его Концерт для фортепиано и духовых инструментов (1924)... к джазу, он славит его в Регтайме для 11 инструментов (1918), в Piano rag-music (1919), в Прелюдии для джазового ансамбля (1937) и в Эбеновом концерте (1945), к Перотину и другим старинным полифонистам, вдохновившим его на Симфонию псалмов (1930), а главное – на великолепную мессу (1948), к Монтеверди, которого он изучает в 1957 году, к Джезуальдо, транскрипцию мадригалов которого он делает в 1959 году, к Гуго Вольфу, две песни которого он аранжирует (1968), и к додекафонии, о которой он сначала нарочито умалчивал, но в конце концов после смерти Шенберга (1951) также признал как одну из комнат своего дома» (М.Кундера, 2006).

**245) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Стравинский сочинил свою знаменитую Мессу для смешанного хора и духовых инструментов (1948) благодаря тому, что использовал мелодии духовных напевов Грузии, гармонизированных (обработанных) в стиле европейского музицирования. В книге «И.Ф.Стравинский: статьи и материалы» (редактор – Б.М.Ярустовский, Москва, «Советский композитор», 1973) приводится следующий факт: «И.Стравинский проявлял большой интерес к музыке народов Кавказа, и прежде всего к грузинской народной музыке. В 1906 году в Москве вышел в свет первый том «Трудов музыкально-этнографической комиссии, состоящей при этнографическом отделе Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии». В этом сборнике Д.Аракишвили опубликовал записанные им двадцать семь карталино-кахетинских песен в народной гармонизации и тридцать семь грузинских духовных напевов Тифлисской губернии. В 1915 году Стравинский выписал оттуда шестнадцать песен и снабдил грузинские тексты русской транскрипцией. Эта рукопись сохранилась в архиве композитора под названием «Грузинские песни». Их влияние проявилось в Мессе (1948) в частях «Gloria» «Sanctus» («И.Ф.Стравинский: статьи и материалы», 1973, с.518-519). О внимательном отношении И.Стравинского к грузинской музыке свидетельствует следующее его высказывание: «Одним из наиболее ярких и недавних моих музыкальных впечатлений я обязан покойному Ною Гринбергу и полифоническим вокальным записям, сделанным им в горных селениях неподалеку от Тбилиси. Открытие Гринбергом живых исполнительских традиций, идущих от кондуктуса и органума X века и стиля позднего Ренессанса, является крупным вкладом в науку об исполнительском мастерстве, вкладом более ценным, чем просто находка новой музыки» (там же, с.519).

**246) Аналогия Игоря Стравинского.** И.Стравинский написал один из своих последних канонов для оркестра (1965) в результате того, что заимствовал и обработал мелодию русской народной песни «Не сосна у ворот раскачалась». В популярном справочнике «Творческие портреты композиторов» (редактор О.Гусева, 1990) указывается: «Одним из последних сочинений Стравинского был канон на тему русской песни «Не сосна у ворот раскачалась», использованной ранее в финале балета «Жар-птица». Так, завершая жизненный и творческий путь, композитор возвратился к истокам, к музыке, олицетворявшей далекое русское прошлое...» (О.Гусева, 1990).

**247) Аналогия Александра Глазунова.** А.К.Глазунов при работе над своей Первой симфонией (1882) написал начало ее средней части по аналогии с симфонической поэмой Милия Балакирева «1000 лет» (1862), которая впоследствии была заново отредактирована и получила название «Русь» (1887). О.А.Владимирова в диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Формирование творческого метода в ранних симфониях А.К.Глазунова» (Москва, 2004) пишет: «...Следует отметить, что первую развернутую рецензию о премьеры Первой симфонии Глазунова в 1882 году написал Ц.А.Кюи, и потому его можно считать основоположником исследований симфонического творчества композитора. Он сопоставил премьеру Первой симфонии юного Глазунова с премьерой в 1865 году Первой симфонии его учителя Н.А.Римского-Корсакова, отметив возросший с того времени уровень русской симфонической музыки. Но Кюи не воспринял симфонию Глазунова как существенно новое произведение – в рецензии он подчеркнул преэминентность приемов музыкального развития в симфонии Глазунова с творчеством Балакирева, Римского-Корсакова и Бородина: «Начало «средней части» [разработки] напоминает по своим приемам «1000 лет» Балакирева» (Владимирова, 2004, с.13).

**248) Аналогия Александра Глазунова.** А.К.Глазунов перенес в свои произведения некоторые музыкальные идеи Рихарда Вагнера. В творениях Глазунова слышатся также отзвуки Брамса. Л.Л.Сабанев в книге «Воспоминания о России» (2005) констатирует: «Музыка Глазунова вся есть не что иное, как «обезвреженный Вагнер», своего рода Вагнер

без «вагнерина», как бывает кофе без кофеина. Плюс Брамс» (Л.Л.Сабанеев, 2005). И.Ю.Проскурина в статье «Петербургский музыкальный стиль: А.Глазунов глазами Л.Сабанеева» («Вестник РАМ имени Гнесиных», 2007, выпуск 2) отмечает: «Среди композиторов, оказавших сильное влияние на стиль Глазунова, Сабанеев называет Вагнера. Критик одним из первых заговорил о значении немецкого композитора для русской музыки конца XIX – начала XX века и, в частности, для Глазунова, ранние оркестровые опусы которого, по словам Сабанеева, представляли собой «первые тогда опыты «вагнеризма» на русской почве». Увлечение Глазунова творчеством немецкого композитора являлось следствием невероятного «вагнеромаства» в России рубежа столетий» (Проскурина, 2007, с.3). «В работах отечественных музыковедов советского периода, - поясняет И.Ю.Проскурина, - роль Вагнера в процессе формирования стиля Глазунова трактуется в основном негативно или не упоминается вовсе. Среди композиторов, у которых Глазунов что-либо позаимствовал в свой творческий арсенал, в первую очередь акцентируются кучкисты, а увлечение автором «музыки будущего» оговаривается вскользь» (там же, с.3). «Однако, - аргументирует И.Ю.Проскурина, - в письмах Глазунова 1880-х годов, а также фактах биографии можно найти неоспоримые доказательства его увлечения Вагнером, которые он в начале своей карьеры вовсе не скрывал. Первые контакты с вагнеровскими опусами произошли летом 1884 года, когда юный композитор вместе с М.Беляевым предпринял большую заграничную поездку по Германии, Швейцарии, Франции, Испании и Африке» (там же, с.4). Далее И.Ю.Проскурина приводит слова самого Глазунова: «Изучил я вагнеровскую трилогию не хуже самого отчаянного немца-вагнериста и мечтаю о том, как бы ближе познакомиться с остальными его операми, я теперь потерял вкус ко всякой другой инструментовке» (там же, с.4).

**249) Аналогия Николая Метнера.** Русский композитор Н.К.Метнер написал фортепианное произведение «Русская сказка» благодаря тому, что использовал и трансформировал мелодию русской народной песни «У ворот, ворот». И.С.Яссер в статье «Искусство Николая Метнера» (книга «Н.К.Метнер. Статьи, материалы, воспоминания», Москва, «Советский композитор», 1981) пишет: «Воздерживаясь, однако, в своем творчестве от сознательного заимствования фольклорных и других традиционных русских мелодий, Метнер не отдавал себе, по-видимому, отчета в том, что отдельные отрывки этих мелодий все же проникли в изрядном количестве в его собственные произведения. А ведь этот-то род подсознательного тематического проникновения как раз и свидетельствует наиболее красноречивым образом об органической связи музыкального мышления композитора с подлинным русским мелосом. Лишь в некоторых случаях можно гадательно предположить (и то больше по косвенным признакам) намеренное применение Метнером фольклорных мелодических отрывков. Таковым, например, могло быть включение известной песни «У ворот, ворот» в его фортепианную «Русскую сказку», ор.42, № 1, самое название которой говорит в пользу этого предположения. Но даже и здесь эта народная песня (№ 38 из сборника Балакирева) до такой степени трансформирована Метнером в ритмическом (отчасти и мелодическом) отношении, что далеко не сразу бросается в глаза, а для рядового слушателя и вовсе проходит незамеченной. Тем не менее, простое сопоставление этих двух мелодий не оставляет никакого сомнения в факте тематического заимствования или, по меньшей мере, какого-то влияния указанной народной песни в «Русской сказке» Метнера...» (И.С.Яссер, 1981).

**250) Аналогия Николая Метнера.** Удалось обнаружить народные мотивы, то есть элементы российского музыкального мелоса, и в другом произведении Н.К.Метнера – цикле Шести Сказок (1928). И.С.Яссер в статье «Искусство Николая Метнера» (книга «Н.К.Метнер. Статьи, материалы, воспоминания», Москва, «Советский композитор», 1981) говорит о влиянии фольклора на музыку Метнера: «Аналогичные комментарии применимы к метнеровскому циклу Шести Сказок ор.51, символически посвященных «Золушке и Иванушке-дурачку» и тем самым подчеркивающих их национально-русский характер. В

каждой из этих фортепианных пьес можно отыскать народные мотивы, характерные для общероссийского мелоса, но опять-таки более или менее измененные по вкусу композитора. Так, во втором номере этого цикла очевидно заимствование (или неосознанное влияние) песни «Винный наш колодезь» (№ 29 из сборника Чайковского)» (И.С.Яссер, 1981). «В пятой сказке того же опуса, - поясняет И.С.Яссер, - нельзя не заметить типично украинских мелодических оборотов, вошедших еще до этой сказки Метнера в «Сорочинскую ярмарку» Мусоргского (он приведен в этой именно версии). Несмотря на ритмические и фигурационные различия, общий профиль обеих мелодических линий выявлен здесь с достаточной рельефностью» (И.С.Яссер, 1981). Здесь укажем, что И.Зетель в книге «Н.К.Метнер - пианист» (Москва, 1981) приводит доводы, говорящие о недостаточной обоснованности подобной историко-музыкальной реконструкции И.С.Яссера. В частности, И.Зетель отмечает: «Многие из народных мотивов, упоминавшихся Яссером в статье, не были даже известны Николаю Карловичу ...» (Зетель, 1981, с.64). Однако данное замечание И.Зетеля может служить лишь стимулом для более углубленного исследования творчества выдающегося композитора. Сам И.Зетель раскрывает ряд аналогий-заимствований, найденных в творчестве Метнера, и эти аналогии мы показываем ниже.

**251) Аналогия Николая Метнера.** Н.К.Метнер в седьмой картине из фортепианного цикла «Картины настроений» (1903) использовал музыку русского песенного фольклора. И.Зетель в книге «Н.К.Метнер - пианист» (Москва, 1981) констатирует: «Достаточно было бы только седьмой «Картины» (*Allegro con ira*), чтобы не оставалось сомнений в народных истоках, питавших вдохновение музыканта. Вслушиваясь в поразительную тему, будто внимаешь русской песне» (Зетель, 1981, с.58).

**252) Аналогия Николая Метнера.** Н.К.Метнер положил в основу отдельных частей цикла «Шесть сказок» (1928) песню, которую он однажды услышал на берегу реки. И.Зетель в книге «Н.К.Метнер - пианист» (Москва, 1981) сообщает: «Знаменательно свидетельство английского музыковеда Дж.Абрахама о том, что две сказки соч.34 № 2 и 3 были навеяны песней, услышанной Николаем Карловичем на берегу реки. При этом, как писал Абрахам, композитор «думал о русском фольклоре» (Зетель, 1981, с.59).

**253) Аналогия Сергея Рахманинова.** С.В.Рахманинов так же, как и его предшественники – члены «Могучей кучки», по аналогии использовал в своих фортепианных произведениях музыкальные идеи Р.Шумана. Л.Л.Сабанев в книге «Воспоминания о России» (2005) констатирует: «Нельзя не упомянуть о том, что творчество Рахманинова прошло под сильнейшим влиянием Шумана. Его знаменитая Прелюдия в своем существе есть копия одного из эпизодов шумановских «Новеллетт» - в особенности начальные мощные аккорды. Отзвуки Шумана имеются и в его фортепианных концертах (в особенности, Втором и Четвертом) и во всех почти его фортепианных вещах. Печатами шуманизма отмечено и вокальное творчество Рахманинова – его романсы, в которых шуманизм причудливо сопрягается с влияниями «цыганского романса». По поводу этого последнего не мешает вспомнить, что знаменитые «Очи черные» представляют собою не что иное, как упрощенную парафразу одного из эпизодов «Карнавала» Шумана («Киарина») – так что тут уместно говорить даже о влиянии Шумана на такую, казалось бы, «истинно русскую» область музыки, как «цыганский стиль» (Л.Л.Сабанев, 2005).

**254) Аналогия Сергея Рахманинова.** С.В.Рахманинов, создавая Шесть пьес для фортепиано (1894), по аналогии включил в пьесу № 3 мелодию бурлацкой песни «Во всю-то ночь темную», а в основу пьесы № 6 положил мелодию русской народной песни «Слава», которую до него использовали многие другие русские композиторы. С.Голубков в статье «Фольклор в российской музыке XX века: от Рахманинова до наших дней» (журнал «Музыкант-классик», 2004, №№ 1-2) повествует: «Первое обращение Рахманинова к фольклору относится к 1891

году, когда появилась его гармонизация бурлацкой песни «Во всю-то ночь темную» для пения с фортепиано. Три года спустя композитором были созданы Шесть пьес для фортепиано в четыре руки, op.11 (1894); в этом сочинении пьеса № 3, где использована мелодия той же бурлацкой песни («Во всю-то ночь темную»), называется «Русская песня», а пьеса № 6 – «Слава» (здесь Рахманинов использовал широко известную тему подблюдной песни, к которой до него, как известно, обращались и другие русские композиторы XIX века). Можно сказать, что этот фортепианный цикл является первым примером свободного претворения фольклорного тематизма в творчестве Рахманинова» (С.Голубков, 2004). Отметим, что песня «Слава» звучит в опере «Борис Годунов» М.Мусоргского.

**255) Аналогия Сергея Рахманинова.** С.В.Рахманинов перенес в некоторые свои сочинения музыкальные фрагменты из творений русского композитора Николая Метнера (1879-1951), с которым он был лично знаком. Л.Л.Сабанеев в книге «Воспоминания о России» (2005) говорит о втором периоде творческой жизни Рахманинова (1917-1943): «В эту эпоху он принимает в себя и некоторые посторонние влияния, среди которых главное место занимает влияние его друга Н.К.Метнера, одного из самых крупных музыкантов нашего века, но по существу своего «звукосозерцания» во многом противоположного Рахманинову» (Л.Л.Сабанеев, 2005). Об этом же Л.Л.Сабанеев говорит в другом месте своей книги, давая характеристику творчеству Н.К.Метнера: «Из русских музыкантов ему оставались близки очень немногие, в том числе Рахманинов, который был его убежденным поклонником настолько, что даже последние его вещи были явно написаны под влиянием Метнера» (Л.Л.Сабанеев, 2005).

**256) Аналогия Сергея Рахманинова.** С.Рахманинов (1932) создал один из известных своих вариационных циклов в результате того, что по аналогии заимствовал и обработал произведения итальянского композитора 17 века А.Корелли. Этот цикл Рахманинова называется «Вариации на тему Корелли». Примечательно, что здесь Рахманинов использовал ту же знаменитую «Фолью» - мелодию испано-португальской танцевальной песни, которая в силу своего восхитительного звучания понравилась А.Вивальди, Ф.Листу, А.Алябьеву и нашла свое место в их сочинениях. К.Кузнецов и И.Ямпольский в книге «Арканджелло Корелли» (1953) повествуют: «Более чем через сто лет после Алябьева другой русский музыкант – Рахманинов создал одно из значительнейших своих фортепианных сочинений - «Вариации на тему Корелли» op.42 (1932), положив в их основу все ту же неумирающую тему фольи. Это произведение Рахманинова непосредственно предшествует его «Рапсодии на тему Паганини» для фортепиано с сопровождением оркестра op.43 (1943), написанной также в вариационной форме» (К.Кузнецов, И.Ямпольский, 1953). Наталья Рубанова в статье «Три концерта одного времени года» (журнал «Октябрь», 2006, № 5) сообщает: «Ну, то, что мотив рахманиновских «Вариаций на тему Корелли», виртуозно исполненных пианистом Александром Кобриным, автор взял из Сонаты для скрипки и басса континуо Арканджелло Корелли, знают многие. Но не все – о том (как и Рахманинов когда-то), что тема эта вовсе не принадлежит Корелли, а является старинной португальской фольей (folia – «страсть» в переводе с португальского)» (Н.Рубанова, 2006).

**257) Аналогия Сергея Рахманинова.** С.Рахманинов во многих своих произведениях, в том числе симфонических, использовал средневековый напев Dies Irae (мелодию «День гнева»), который ранее включали в свои творения И.С.Бах, В.Моцарт, Г.Берлиоз, Ф.Лист, М.Мусоргский и другие композиторы. С.Рахманинов даже специально интересовался вопросом о том, не существует ли полной версии этого напева, создание которого приписывают францисканцу Томаззо да Челано (1190-1260). В частности, напев Dies Irae использован Рахманиновым в симфонической поэме «Остров мертвых» (1909), вокально-симфонической поэме «Колокола» (1913), фортепианном сочинении «Вариации на тему Корелли» (1932), «Рапсодии на тему Паганини» (1934), Третьей симфонии (1936). И.С.Яссер

в статье «Мое общение с Рахманиновым» (книга «Воспоминания о Рахманинове», Москва, «Музыка», 1988) вспоминает: «Рахманинов стал изъяснять мне, что его весьма занимает в настоящее время знаменитый средневековый напев *Dies Irae*, который обычно известен музыкантам (в том числе и ему самому) лишь по его двум-трем начальным фразам, столь часто применяемым в различных музыкальных произведениях в качестве «темы смерти». Он, однако, хотел бы заполучить как-нибудь все остальные музыкальные строфы этого погребального напева, если таковые «вообще существуют» (в чем у него уверенности не было); он был также мне весьма признателен за помощь в этом деле, так как самому ему заняться необходимыми для этого поисками совершенно некогда» (И.С.Яссер, 1988). «...Общее мое впечатление было таково, - продолжает И.С.Яссер, - что у Рахманинова появились какие-то значительные композиционные намерения в связи с напевом *Dies Irae*. Во всяком случае, они были у него, как мне казалось, гораздо шире тех, что осуществлены им в симфонической поэме «Остров мертвых», где этот напев появляется лишь эпизодически, или в «кореллиевских вариациях», где он использован в несколько фрагментарном и завуалированном виде (быть может, даже и неосознанно). Надо сказать, что я был в то время отлично знаком со строением и историей напева *Dies Irae* (составляющего, как известно, часть Католического Реквиема), ибо за несколько лет до этого специально им занимался и даже опубликовал по поводу него две или три статьи» (И.С.Яссер, 1988).

**258) Аналогия Жоржа Бизе.** Французский композитор Ж.Бизе написал свою Симфонию до-мажор (1855) по аналогии с одной из симфоний Шарля Гуно. Борис Кушнер в статье «Рекомендательное письмо» (журнал «Вестник», № 10 (347) от 12 мая 2004 г.) говорит о музыке упомянутой симфонии Бизе, которая была создана в период его первых шагов на музыкальном поприще: «Свежесть этой музыки поражает с первых же тактов. Сам Бизе, видимо, считал работу ученической и слишком близкой к симфонии его старшего друга Гуно. Действительно, форма композиции традиционна и сходство с симфонией Гуно отмечают все исследователи. Но симфония Гуно, в отличие от работы Бизе, почти забыта...» (Б.Кушнер, 2004).

**259) Аналогия Жоржа Бизе.** Ж.Бизе написал музыку для пьесы Альфонса Доде «Арлезианка» (1872) благодаря тому, что использовал в ней народные провансальские, то есть французские мелодии. В популярном справочнике «Творческие портреты композиторов» (редактор О.Гусева, 1990) идет речь о музыке, написанной Ж.Бизе для пьесы «Арлезианка»: «Как и в предыдущих произведениях, Бизе придает музыке особый, специфический колорит места действия. Здесь это Прованс, и композитор использует народные провансальские мелодии, насыщает все произведение духом старофранцузской лирики» (О.Гусева, 1990).

**260) Аналогия Жоржа Бизе.** Ж.Бизе, работая над оперой «Кармен» (1875), по аналогии перенес в нее очаровательную мелодию под названием «Хабанера», которую он мог заимствовать либо в качестве фольклорного материала, либо в качестве музыкального произведения испанского гитариста Себастьяна Ирадиера. Испанский музыковед Пако Эррера считает, что Ж.Бизе все-таки заимствовал указанную мелодию у гитариста Ирадиера. В статье «Бизе позаимствовал «Хабанеру» у композитора Ирадиера?» (электронный сайт РИА «Новости», 03.07.2003 г.) указывается: «В интервью РИА «Новости» испанский гитарист (и музыковед Пако Эррера – Н.Н.Б.) пояснил, что «Хабанера» Бизе полностью повторяет написанную для гитары музыкальную пьесу «Эль Арреглито» Ирадиера, черновая партитура которой хранится в Национальной библиотеке Парижа. Эррера обнаружил эту партитуру во время поисков, связанных с написанием его предыдущей книги «Антология гитары»... (РИА «Новости», 2003). Об этом же говорится в статье «Хабанера меняет автора» (газета «Коммерсант», № 115 (2718) от 04.07.2003 г.): «Выступая на презентации книги «Танцы», Пако Эррера поделился научной находкой: он обнаружил, что «Хабанера» Бизе полностью воспроизводит гитарную пьесу «Эль Арреглито» (El Arreglito) испанского композитора

Себастьяна Ирадиера, в свое время жившего в Испании, во Франции и на Кубе (оригинал пьесы находится в Национальной библиотеке Франции)» (газета «Коммерсант», 2003). В той же статье приводятся слова музыковеда Пако Эррера: «Собственно говоря, тот факт, что Бизе заимствовал эту ставшую популярной во всем мире мелодию, не новость. Об этом, в частности, пишет в своей книге авторитетный американский музыковед русского происхождения Николай Слонимский. Но считалось, что создатель «Кармен» использовал безымянную музыку из народного фольклора, что вполне допустимо» (газета «Коммерсант», 2003).

**261) Аналогия Шарля Гуно и Жоржа Бизе.** Французский композитор Шарль Гуно, сочиняя музыку для своей оперы «Фауст» (1859), по аналогии перенес в нее мелодический материал из эскизов своей же незавершенной оперы «Иван IV». В частности, таково происхождение «Хора солдат» из «Фауста» Гуно. Ж.Бизе во время работы над фортепианной сюитой «Детские игры» (1863) использовал музыку из своей оперы «Иван IV», которая также осталась незавершенной и создавалась Бизе независимо от Ш.Гуно. Борис Кушнер в статье «Рекомендательное письмо» (журнал «Вестник», № 10 (347) от 12 мая 2004 г.) пишет: «Вообще, интерес к России традиционен для французской культуры. Здесь можно упомянуть и оперу «Иван IV», которую один за другим сочинили на одно и то же либретто Гуно и Бизе (и ни тот, ни другой не довел работу до конца). Оба композитора затем использовали фрагменты своих партитур в других сочинениях. Например, «Хор солдат» в «Фаусте» именно такого происхождения. Из «Ивана IV» взят марш «Труба и барабан», которым открывается очаровательная сюита «Детские игры» Бизе. Я слышал отзвуки этой миниатюры в марше из «Любви к трем апельсинам» Прокофьева» (Б.Кушнер, 2004).

**262) Аналогия Антонина Дворжака.** Чешский композитор А.Дворжак (1841-1904), работая над своей Девятой симфонией, названной «Из Нового Света» (1893), по аналогии перенес в нее ряд мелодических оборотов и интонаций негритянского и индейского музыкального фольклора. Елена Преловская в статье «Что принес нам западный ветер» (архангельская газета «Правда Севера», № 103 от 5 июня 2002 г.) говорит о Дворжаке: «Именно американцы 107 лет тому назад пригласили этого знаменитого чешского композитора для открытия консерватории в США. Дворжак организовал музыкальные классы и сочинил симфонию «Из Нового Света». В этой красивой музыке соединилось мастерство европейца с интонациями индейских и негритянских мелодий» (Е.Преловская, 2002). Об этом же повествует Юлия Генделева в статье «Европа и Азия: встреча в одной программе» (газета «Петрозаводский университет», № 16 от 30 апреля 1999 г.): «В 1892-1895 гг. Дворжак был профессором и директором Нью-Йоркской консерватории (где, кстати, перестроил систему музыкального обучения), выступал с авторскими концертами. Знакомство с культурой США своеобразно преломилось в музыке симфонии, в которой автор, сохранив свой индивидуальный стиль, воссоздал характер и интонации негритянского и индейского музыкального фольклора. Эта симфония, наряду с Виолончельным концертом, созданным в те же годы, считается высшим достижением Дворжака в области симфонизма и давно стала мировым симфоническим шлягером» (Ю.Генделева, 1999). Некоторое представление о творческой лаборатории Дворжака дает знаменитый американский писатель-фантаст Рэй Брэдбери в рассказе «И снова легато» (сборник «В мгновение ока», Москва, «Эксмо», 2004): «Если сам Берлиоз не погнушался заимствовать утреннюю песенку юной молочницы, что уж тут говорить! Если Дворжак, услышав, как южанин бренчит на банджо «Возвращение домой», позаимствовал даже банджо, чтобы обогатить свои симфонии «Из Нового Света», то почему же я не могу забросить невод и поймать мелодию?» (Р.Брэдбери, 2004).

**263) Аналогия Антонина Дворжака.** А.Дворжак при создании своего «Концерта для виолончели с оркестром си-минор» (1895) по аналогии использовал в нем элементы чешской (моравской) народной музыки, которую он изучал в течение всей жизни. Тамара Грум-

Гржимайло в книге «Слава и Галина: симфония жизни» (2007), посвященной М.Ростроповичу и Г.Вишневецкой, пишет об упомянутом произведении Дворжака: «Концерт для виолончели с оркестром си-минор (op.104) чешского классика Антонина Дворжака был создан композитором вдали от родины, в США, в 1895 году. Но в нем нет никаких черт музыки негритянской или индейской традиций, которые проступили в других сочинениях Дворжака этого периода. Напротив. В образах и стиле этого Концерта для виолончели много элементов народной музыки Богемии, интонаций земель славянских. Как пишут биографы Дворжака, «в этой музыке звучит ностальгический голос настоящего чеха». И вот уже более ста лет Концерт Дворжака не теряет ореола величайшего из музыкальных произведений, когда-либо созданных для виолончели» (Т.Грум-Гржимайло, 2007). Следует подчеркнуть, что использование мелодий чешского и вообще славянского фольклора характерно для многих произведений Дворжака. В.Егорова в статье «Симфонические поэмы Дворжака на сюжеты баллад Эрбена» (сборник статей «Антонин Дворжак», Москва, «Музыка», 1967) приводит высказывание самого Дворжака: «Для музыканта не должно быть ничего низкого или незначительного... Когда я иду по улице, я прислушиваюсь к каждому насвистывающему мальчишке, к каждому уличному певцу или слепому шарманщику. Часто эти люди так захватывают меня, что я с трудом могу уйти от них: ведь каждый из них несет отрывок живой мелодии, которая звучит как голос народа. Такие вещи заслуживают внимания, их надо сохранять, ими нельзя пренебрегать, ибо они дают богатые стимулы для творчества» (В.Егорова, 1967). Со слов В.Егоровой, «наибольшее воздействие на музыкальный язык композитора оказала, по мнению многих чешских критиков, моравская народная песня. Дворжак широко использует такие характерные для моравского музыкального фольклора особенности, как вариантное развитие мелодии (при этом нередко тема вырастает из одного небольшого мотива - зерна), богатство ладотональной структуры...» (В.Егорова, 1967).

**264) Аналогия Густава Малера.** Австрийский композитор и дирижер Г.Малер создал одно из своих ранних фортепианных произведений благодаря тому, что по аналогии заимствовал и переложил для фортепиано Третью симфонию (1877) А.Брукнера. И.Барсова в статье «Густав Малер. Личность, мировоззрение, творчество» (книга «Густав Малер. Письма. Воспоминания», Москва, «Музыка», 1964) пишет: «Впервые исполненная в 1877 году Третья симфония Брукнера (посвященная Вагнеру) произвела на Малера столь сильное впечатление, что он сделал ее фортепианное переложение, вскоре изданное в Вене» (Барсова, 1964, с.19). Следует отметить, что Р.Вагнер и А.Брукнер – композиторы, у которых Малер заимствовал в ранний период своего творчества. Примером может служить «Жалобная песня» Малера, написанная в 1880 году. И.Барсова в той же статье говорит: «Музыка «Жалобной песни» - незрелого юношеского сочинения – сочетает в себе влияние Вагнера и Брукнера со стилистическими чертами, в которых уже угадывается будущий Малер» (там же, с.45). Примечательно, что и в пору своей творческой зрелости Малер использовал (цитировал) некоторые фрагменты музыки двух этих композиторов. А.Недолюбова в книге «Музыкальная культура Германии и Австрии рубежа XIX-XX веков» (Киев, 1990) констатирует: «Включение в симфоническую ткань «брукнеровских», «вагнеровских» и тому подобных оборотов имело в творческом методе Малера свой смысл, эстетическое обоснование, убедительно доказавшее на практике свою полную правомерность» (Недолюбова, 1990, с.57-58).

**265) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер в ряде своих произведений ассимилировал музыкальный фольклор немецкого, австрийского и чешского склада. И.Барсова в статье «Густав Малер. Личность, мировоззрение, творчество» (книга «Густав Малер. Письма. Воспоминания», 1964) подчеркивает: «Желание сделать свои идеи понятными многим, обращение не к узкому кругу слушателей, а к миллионам внушило Малеру отвращение к изысканности, к рафинированности музыкального языка. Композитор опирался в своем творчестве на интонации крестьянских песен и танцев. Наряду с интонациями немецких и

австрийских песен, он часто использовал в своих сочинениях интонации чешских народных напевов. «Во многие мои вещи вошла чешская музыка моей родины, страны моего детства», - говорил Малер» (Барсова, 1964, с.41-42). «Любовь Малера к народным напевам и введение их интонаций в музыкальный язык симфоний, - поясняет И.Барсова, - заставляет вспомнить и чешских композиторов Сметану и Дворжака. При всем различии идейного содержания их произведений, творческих темпераментов самих художников, Малера сближала с чешскими классиками естественная внутренняя потребность говорить языком своей родины, который он не мог забыть, даже покинув навсегда края своего детства» (там же, с.10).

**266) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер, работая над своей Первой симфонией (1888), перенес в нее мелодию одной из песен, которые содержатся в его вокальном цикле «Песни странствующего подмастерья» (1884). О рождении Первой симфонии Малера из указанной песни пишет М.Рубин в статье «Густав Малер – композитор-гуманист» (журнал «Советская музыка», 1958, № 7, с.69-78): «Как и многие темы его симфоний, эта мелодия заимствована Малером из последней «Песни странствующего подмастерья» (М.Рубин, 1958). Вообще, следует отметить, что Г.Малер создал многие из своих симфоний в результате того, что по аналогии перенес в них мелодии известных и не очень известных песен. Песенный материал был основным источником его симфонических творений. И.Соллертинский в книге «Густав Малер» (1932) указывает: «Лелея в своем воображении утопический замысел «Коллективистской симфонии», Малер ориентируется, прежде всего, на песню. Именно песня является главной тематической основой его симфоний, и Малер в своем творчестве показывает интереснейший образец рождения симфонии из песни. Не следует при этом упрощенно представлять, что дело заключается только в заимствовании той или другой симфонической темы из песенной мелодии. Связь между песней и симфонией у Малера значительно глубже. Песенный образ – для Малера уже симфония в потенции, эмбрион, зерно симфонии» (Соллертинский, 1932, с.32). В книге «Густав Малер» И.Соллертинский высоко оценивает песенную основу симфоний Малера: «...Он – единственный из западных симфонистов второй половины XIX века – сумел построить симфонию из песенной стихии. Тогда как ни кабинетная поздняя романтика, ни Брамс (за исключением прорывов в его симфонии венгерско-цыганского материала), ни тем более Вагнер с его хитроумным комбинированием абстрактных лейтмотивов, нагруженных философско-мистическими смыслами – никакого касания к народной песенности не имели» (Соллертинский, 1932, с.33). Об этом же повествует И.Векслер в статье «Еврейское мышление Густава Малера» (журнал «Лехаим», № 4 (180), апрель 2007 г.): «В темах Малера ясно ощущается сознательное обращение к бытовому мелосу, к наиболее популярным жанрам времени – песне, маршу, танцу. Именно поэтому он обращается к цитатам – впрочем, не только из музыки других композиторов, но и из своих более ранних произведений (например, из песен)» (И.Векслер, 2007).

**267) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер при сочинении Первой симфонии (1888), помимо использования мелодии песни из вокального цикла «Песни странствующего подмастерья» (1884), также по аналогии перенес в свою симфонию мелодию веселого студенческого канона «Братец Мартин, спишь ли ты?». Этот канон был хорошо известен в Европе. О.С.Жаркова в статье «Густав Малер и Сергей Слонимский: ассоциативность мышления» (межвузовский сборник научных трудов «Психология искусства: образование и культура», Самара, СГПУ, 2002) пишет о том, как развивается мелодия в Первой симфонии Малера: «И вдруг неожиданный поворот: на смену идиллии приходит прозрение. Звучит «Граурный марш в манере Калло» - такое название дал Малер этой части. Сразу же возникает ощущение парадокса – веселый студенческий канон, известный в Европе со словами «Братец Мартин, спишь ли ты?» (в русском варианте – «Дядя Ваня, спишь ли ты?») превращается в тему траурного марша» (О.С.Жаркова, 2002). Об этом же, а именно о второй части Первой симфонии Малера пишет И.Барсова в статье «Густав Малер. Личность, мировоззрение,

творчество» (книга «Густав Малер. Письма. Воспоминания», 1964): «Студенческий канон «Братец Мартин», проведенный в миноре и тем самым как бы притворно омраченный, и рядом с ним «знойный», танцевальный напев с утрированным цыганским надрывом дали композитору сопоставление лицемерной скорби и циничного, откровенного глумливого веселья, сопоставление маски и подлинного лица действительности» (Барсова, 1964, с.52). Реконструкция И.Барсовой и О.С.Жарковой совпадает с описанием других музыковедов. Так, М.Уваров и О.Ясаков в статье «Смерть и погребение в музыке» (философский альманах «Фигуры Танатоса», СПб., 2001, выпуск 6) говорят о третьей части симфонии № 1 Малера: «У Малера часть открывается канонем на тему детской песенки «Братец Мартин», известной также со словами: «Братец Яков, спишь ли ты?». Ее мелодия звучит в трагическом ключе (Малер написал ее в миноре) и имеет характер траурного марша, постепенное движение которого рождает новую мелодию, вплетающуюся в похоронную музыку» (М.Уваров, О.Ясаков, 2001).

**268) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер при создании финальной части Второй симфонии (1894) использовал мелодию военного марша. И.Барсова в статье «Густав Малер. Личность, мировоззрение, творчество» (книга «Густав Малер. Письма. Воспоминания», 1964) отмечает: «Язык Малера был связан и с интонациями «городских» музыкальных жанров: военным маршем, бытовым романсом и песней. Многие в этих интонационных пластах было свежо и плодотворно и стало основой песенного симфонизма Малера. Тема апофеоза в финале Первой, тема марша в разработке финала Второй и ряд других могут быть иллюстрацией этого вторжения городского мелоса в монументальную симфонию» (Барсова, 1964, с.42). Любовь Малера к военным маршам может объясняться тем, что в детстве он жил рядом с казармой. И.Барсова в той же статье повествует: «Рядом была казарма, и Густав с раннего детства привык прислушиваться к военным сигналам, отмеряющим солдатам время. Часто под бравые звуки духового оркестра солдаты проходили по улице, окруженные шумной толпой. Эти впечатления дали первый толчок музыкальным способностям Густава, проявившимся необычайно рано» (там же, с.15). Кроме того, Малер перенес во Вторую симфонию (которая называется «Воскресение») мелодию своей же песни «Проповедь Антония Падуанского рыбакам», содержащуюся в его вокальном цикле «Волшебный рог мальчика». П.А.Юхвидин в статье «Трижды лишенный родины» (сайт «Заграница», 02.06.2007 г.) отмечает: «Во второй симфонии, «Воскресение», завершенной через 6 лет после Первой и в тот же год – в 1894 – исполненной в Берлине, 3-я часть построена на мелодии песни Малера «Проповедь Антония Падуанского рыбакам», при этом кларнеты воспроизводят характерные обороты еврейского фрейлахса» (П.А.Юхвидин, 2007).

**269) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер использовал в своих симфонических произведениях музыкальные темы из сочинений Людвиг Бетховена, Гектора Берлиоза, Феликса Мендельсона, Ференца Листа, Антона Брукнера, Иоганнеса Брамса, Петра Чайковского. И.Соллертинский в книге «Густав Малер» (1932) пытается показать малозначительность влияния на Малера указанных композиторов, но, на самом деле, достигает противоположной цели, то есть обнаруживает зависимость творчества австрийского мастера от великих предшественников. И.Соллертинский в данной книге пишет: «Близорукие критики 10-х годов априорно вынесли суждение о неоригинальности Малера, не потрудившись хотя бы поверхностно ознакомиться с его партитурами. Любители отыскивания совпадений могут действительно найти у Малера следы влияний Берлиоза, Брукнера и Брамса, быть может, даже Чайковского» (Соллертинский, 1932, с.19). И.Векслер в статье «Еврейское мышление Густава Малера» (журнал «Лехаим», № 4 (180), апрель 2007 г.) пишет о заимствованиях чужого музыкального материала, которые характерны уже для первых произведений Малера: «Речь идет о пресловутых «банальностях» и явных цитатах из произведений других композиторов: Бетховена, Листа, Чайковского, Мендельсона, Брамса. Ошибкой было бы предположить, что Малер допускал это бессознательно. Доказательством

может служить тот факт, что он исключил несколько тактов из похоронного марша Первой симфонии, обнаружив в них большое сходство с темой Брукнера: эту реминисценцию он считал излишней» (И.Векслер, 2007). «Заимствованные мелодические и гармонические обороты, - пишет И.Векслер в той же статье, - служат раскрытию художественного замысла, приобретают новый смысл, становясь элементами музыкального языка самого Малера. Однако это традиционный еврейский принцип компиляции и цитирования, на котором построена вся еврейская религиозная литература!» (И.Векслер, 2007).

**270) Аналогия Густава Малера.** Г.Малер, создавая свою Четвертую симфонию (1900), по аналогии перенес в ее первую часть множество мелодий, взятых у других композиторов. И.Векслер в статье «Малер и Достоевский» (альманах «Заметки по еврейской истории», № 17 (120), октябрь 2009 г.) пишет о Четвертой симфонии Малера: «Но даже на общем фоне стиля симфоний Малера Четвертая вообще, в особенности ее первая часть, представляется уникалом. Вся она – априорная «установка на чужую речь». Обращение к стилю венских классиков – точнее, к стилю Гайдна-Моцарта – настолько нарочитое, даже гипертрофированное, что музыкальный язык этого произведения может быть отнесен только к последнему из трех типов «слова» по Бахтину – а именно, к третьему: стилизации или пародии. Так что же такое первая часть Четвертой – пародия или стилизация? Совершенно очевидно, что только что указанная особенность ее стиля и есть то «нарочитое указание на чужое слово», выражающееся как «момент подражания чужому слову», которое является отличительной особенностью стилизации. Нет сомнения, что в этой музыке наличествуют типичные для нее «всяческие влияния чужих слов, отчетливо ясные для историка литературы и для всякого компетентного читателя» [55], то есть слушателя» (И.Векслер, 2009). Здесь [55] – это сочинение М.Бахтина «Проблемы поэтики Достоевского» (Москва, «Художественная литература», 1972). И.Барсова в книге «Симфонии Густава Малера» (Москва, «Советский композитор», 1975) характеризует творческий стиль Малера: «По отношению к Малеру давно уже стало общим местом указывать на сходство многочисленных музыкальных тем и мотивов то с Брукнером и Вагнером, то с Чайковским и Верди, то с Бетховеном. Это свойство малеровского мышления связано, по всей вероятности, с бессознательным стремлением опереться в отдельных случаях, когда в его воображении возникала традиционная образная модель, на уже усвоенную, закрепленную в сознании музыкально-тематическую формулу. Работа дирижера, как неоднократно указывалось критиками, действительно заставляла Малера постоянно поддерживать в памяти этот груз музыкальных ассоциаций» (Барсова, 1975, с.31-32).

**271) Аналогия Джорджа Гершвина.** Д.Гершвин создал ряд музыкальных произведений, в том числе симфонических, которые вошли в золотой фонд классической музыки, в результате того, что по аналогии перенес в свои произведения элементы американского фольклора и американской эстрады. Э.И.Волынский в книге «Джордж Гершвин» (1988) пишет: «В музыке молодого Гершвина то и дело встречаются черты, указывающие на его связь и с американским фольклором, и с американской эстрадой. (...) Музыкальная культура Америки сложилась на основе разнообразных фольклорных источников. Продолжительное время бок о бок существовали индейские, английские, немецкие, французские, еврейские, африканские, венгерские, китайские, японские мелодии. Подобной пестроты фольклора не знает ни одна другая страна. Естественно, что только в Америке могли возникнуть удивительно своеобразные жанры, представляющие собой сплавы совершенно непохожих друг на друга культур» (Э.И.Волынский, 1988). «Близость Гершвина к фольклору, - поясняет Э.И.Волынский, - наиболее открыто проявляется в специфической манере интонирования (вспомним, например, использование приема глиссандо), а также в широком использовании блюзового лада, который воздействует на последовательности аккордов и их состав (часто встречаются септаккорды и трезвучия с одновременно звучащими большой и малой терциями)» (Э.И.Волынский, 1988).

**272) Аналогия Джорджа Гершвина.** Д.Гершвин написал значительное количество музыкальных произведений, по аналогии заимствовав песенные темы (мелодии) и музыкальные приемы у Джерома Керна. Э.И.Волынский в книге «Джордж Гершвин» (1988) пишет о годах формирования Гершвина как композитора: «Можно не сомневаться, что Джордж Гершвин, написавший в те годы множество песен, перепробовал все известные ему манеры, жанры, ритмы и композиционные схемы. Но наибольшее воздействие на вкус молодого композитора оказал Джером Керн. «Я следовал работам Керна и изучал каждую песню, написанную им, - признавался Джордж. – Я платил ему дань откровенным подражанием, и многие вещи, которые я написал в этот период, звучат так, как если бы Керн написал их сам». Почему же именно Керн стал его кумиром? Сыграло ли здесь сходство творческих натур художников? В какой-то степени - да» (Э.И.Волынский, 1988). «Керн был, - продолжает Э.И.Волынский, - образцом для Гершвина потому, что достиг в песнях той степени совершенства, когда мастерство становится незаметным. С удивительным постоянством он повторял одни и те же композиционные схемы (двухчастная форма типа «запев» и «припев»), но наполнял их каждый раз новым содержанием. Именно у Керна Гершвин мог научиться искусству гармонического и мелодического варьирования, которое разнообразило музыкальную фразу, делало ее гибкой, подвижной, способной поддержать интерес слушателя» (Э.И.Волынский, 1988).

**273) Аналогия Джорджа Гершвина.** Д.Гершвин расширил границы симфонической музыки, что наиболее характерно для его произведения «Рапсодия в блюзовых тонах» (1924), благодаря тому, что по аналогии перенес в симфоническую музыку мотивы и приемы джаза. Э.И.Волынский в книге «Джордж Гершвин» (1988), сравнивая творения Д.Гершвина с сочинениями Ф.Стравинского, П.Хиндемита и Э.Сати, в которых также заметны попытки использовать джаз в симфонии, пишет: «Ясно, что названные сочинения, при всей их талантливости, лишь более или менее удачно имитировали отдельные приемы джаза, не затрагивая его сущности. Иное у Гершвина. Как пианист и композитор, он сформировался в атмосфере бытовой музыки. Поэтому для него обращение к джазовым средствам выразительности – не стилизация, а естественный способ высказывания. (...) С другой стороны, джазовая стихия органично сочетается с принципами развития и некоторыми фактурными приемами, связанными с опытом европейского симфонизма» (Э.И.Волынский, 1988). Об этом же пишет Андрей Белоусов в статье «Юбилей в блюзовых тонах» (газета «Зеркало недели», № 40 (209), 3-9 октября 1998 г.): «Любовь к джазу, глубокое понимание этой ветви американского фольклора пронизывает все жанры, в которых работал композитор – песни, мюзиклы, концертные и сценические сочинения. Черпая свое вдохновение из источника под названием «Джаз», Гершвин, возможно, и не подозревал, каким мощным потоком вернет он это вдохновение джазу. Вряд ли кто-то из композиторов прошлого и настоящего может сравниться с Гершвиным по числу сочинений, ставших излюбленными темами джазовых импровизаций» (А.Белоусов, 1998).

**274) Аналогия Джорджа Гершвина.** Д.Гершвин (1932) создал свою «Рапсодию» для оркестра, называемую также «Кубинской увертюрой» в результате того, что по аналогии перенес в это произведение кубинские мотивы, которые слушал и запоминал на Кубе. Примечательно, что Д.Гершвин поехал на Кубу для поиска и дальнейшего использования оригинальных кубинских мелодий, так как знал, что в ресторанах Америки и Европы эти мелодии звучат, уже пройдя сквозь горнило различных обработок. Э.И.Волынский в книге «Джордж Гершвин» (1988) говорит о выдающемся американском композиторе: «Кубинские ритмы вошли в музыку джаза как один из важных составных элементов. Наконец, в конце 20-х годов кубинские танцы широко распространяются в ресторанах и танцзалах Европы и Америки. Однако, столкнувшись с первозданным фольклором, не тронутым обработками, композитор сразу почувствовал, как неполны, а зачастую и неверны его представления о

музыке этой страны. Мир народного искусства, исполненный неукротимой естественной силой, в американских и европейских композициях нередко искажался до неузнаваемости, обесцвечивался» (Э.И.Волынский, 1988). Далее Э.И.Волынский описывает пребывание Гершвина на Кубе: «Мелодии он не записывает, полагаясь на свою память. Кроме того, в течение трех недель Гершвин создает «Румбу» для симфонического оркестра, в которой органично соединяет темы собственного сочинения с ритмами кубинского танца» (Э.И.Волынский, 1988).

**275) Аналогия Арнольда Шенберга.** Австрийский композитор А.Шенберг (1921) разработал додекафонную технику музицирования, то есть 12-тоновую серийную музыку, которая отличается сознательным введением элементов диссонанса, по аналогии с додекафонной техникой музыкантов эпохи Возрождения. Одним из таких музыкантов, который предлагал широко использовать диссонансы, был Филипп де Витри. Марк Райс в статье «Арнольд Шенберг – певец непокорной мысли» (сайт «Музыканты о классической музыке и джазе», 2005) пишет об искусстве эпохи Возрождения: «На Шенберга оказали влияние как эстетика, так и практика искусства этой эпохи. Филипп де Витри, идеолог движения *Arts nova*, живший на рубеже XIII – XIV веков, призывал отказаться от диатоники, перестать согласовывать между собой голоса при помощи консонансов, а также избегать строгой ритмики. Шенберг повторил – спустя почти шестьсот лет – все его призывы и попытался осуществить их на практике; при обосновании своей теории «эмансипации диссонанса» он прямо ссылается на музыку тех лет. Все основные виды серии он заимствовал у великих полифонистов Возрождения, о чем он неоднократно писал в своих статьях» (М.Райс, 2005). «Строго говоря, - поясняет М.Райс, - Шенберг не первым пришел к идее додекафонии. Австрийский композитор Йозеф Матиас Хауэр, с которым Шенберг чуть не всю свою жизнь боролся за приоритет, написал свое первое додекафонное произведение еще в 1912 году (т.е. за девять лет до Шенберга), а в 1920 году он уже издал учебник атональной музыки. Но система Хауэра была гораздо более громоздкой и не предоставляла композитору столь широких возможностей, и только поэтому Шенберг вошел в историю как изобретатель додекафонии» (М.Райс, 2005).

**276) Аналогия Арнольда Шенберга.** А.Шенберг, сочиняя свой струнный секстет, то есть симфоническую поэму «Просветленная ночь» (1899), по аналогии заимствовал некоторые музыкальные идеи из Девятой симфонии (1824) Бетховена. Что касается кантаты (оратории) Шенберга «Песни Гурре» (1901), то в ней он употребил ряд приемов и идей из произведений Вагнера. Э.Лайнсдорф в книге «В защиту композитора» (1988) пишет о том, что произошло в сфере музыки через 57 лет после создания Вагнером оперы «Летучий голландец»: «Спустя пятьдесят семь лет под огромной тенью Вагнера возникли «Песни Гурре» Шенберга, чей секстет из «Просветленной ночи» тоже являет собой отражение Девятой, правда, лишь основных ее контуров» (Лайнсдорф, 1988, с.39).

**277) Аналогия Пауля Хиндемита.** Немецкий композитор П.Хиндемит создал известное произведение «Симфонические метаморфозы тем Вебера» (1943) благодаря тому, что заимствовал и обработал (видоизменил) фрагменты фортепианной музыки Карла Марии Вебера. В статье «Хиндемит Пауль» (электронная энциклопедия «Википедия») указывается: «Возможно, самое известное и часто исполняемое оркестровое произведение Хиндемита - «Симфонические метаморфозы тем Вебера», написанные в 1943 году. В этом сочинении композитор использовал темы из фортепианной музыки Карла Марии фон Вебера и переработал их так, что каждая часть произведения оказывается основанной на одной теме» (энциклопедия «Википедия»).

**278) Аналогия Пауля Хиндемита.** П.Хиндемит в ряде своих произведений использовал вальс «Бостон», который в свое время был очень популярным. И.Стогний в статье

«Жанровый аспект музыкального произведения в аналитической иерархии» (сборник «Музыкальное образование в контексте культуры: вопросы теории, истории и методологии», Москва, 2008) указывает: «П.Хиндемит нередко обращался в своем творчестве к танцевальным жанрам. Вальс-бостон обрел популярность после 1-й мировой войны. Он встречается и в раннем сочинении «Сюита 1922» и в более поздних фортепианных сонатах № 1 и № 2. В нем запечатлена атмосфера того времени: не искрящийся весельем бальный танец, от которого кружится голова, а приглушенный, несколько интимный с замедлениями и остановками «полувальс», в котором притаились страх и оцепенение. В «Сюите 1922» «Бостон» представляет собой 4-ю часть. К основному жанру добавляется еще ряд жанровых признаков» (И.Стогний, 2008).

**279) Аналогия Пауля Хиндемита.** В свои концерты для солирующих инструментов и небольшого ансамбля П.Хиндемит включил музыку в стиле Барокко (музыку Баха, Генделя и Вивальди), которую он соединил с элементами джаза и городской бытовой музыки 1920-х годов. Такой синтез был нацелен на создание «Камерной музыки улицы». Илья Овчинников в статье «Камерная музыка улицы» (газета «Время новостей», № 106, 19 июня 2009 г.) пишет о камерной музыке Хиндемита: «В цикле, куда входят семь концертов для солирующих инструментов и небольшого ансамбля, Хиндемит возрождает традиции Баха, Генделя, Вивальди, однако речь ни в коем случае не о стилизации. Обращаясь к форме барочного concerto grosso, Хиндемит в то же время использует элементы джаза, городской бытовой музыки 20-х годов, создавая «камерную музыку улицы», по определению Бориса Асафьева» (И.Овчинников, 2009). Готовность ввести в свои произведения мелодии разных жанров и удивить результатом этого синтеза – отличительная черта Хиндемита. Следы подобного синтеза мы находим в «Реквиеме» (1946) Хиндемита, который был сочинен на стихи Уитмена. Доротея Редепеннинг в статье «Музыка против войны и насилия» (журнал «Неприкосновенный запас», 2005, №№ 2-3 (40-41)) говорит об этом произведении немецкого композитора: «Бросается в глаза, что Хиндемит в этом произведении использует очень разные жанры, такие, как песня, введение и fuga, марш, соло, дуэты и «гимн смерти», а в середину вставляет пассакалию» (Д.Редепеннинг, 2005). Следует заметить, что Хиндемит по аналогии перенес в свой «Реквием» еврейскую песню. Д.Редепеннинг детализирует: «Здесь Хиндемит точно цитирует традиционную еврейскую мелодию – прощальную песню, которая может означать и прощание навсегда. При упоминании черного, или «подавленного» шествия композитор отклоняется от уитменовского контекста и заставляет скрипки играть еврейскую песню. Таким образом, он конкретизирует свое произведение, темой которого становится уже не война вообще, а преследование евреев в «Третьем рейхе» (Д.Редепеннинг, 2005).

**280) Аналогия Пауля Хиндемита.** П.Хиндемит при создании своего «Реквиема» (1946) использовал музыкальные идеи Иоганна Себастьяна Баха, творца знаменитой оратории «Страсти по Матфею». П.Б.Киселев в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Хоровое творчество Хиндемита» (Москва, 2009) пишет: «Хиндемит является продолжателем классических традиций. Так, подобно Бетховену и Малеру, Хиндемит опирается на текст там, где нужно конкретизировать образы музыки. Но главная линия его стиля идет от Баха. Ведь проекция формы хиндемитовского «Реквиема» сложилась отчасти под влиянием баховских «Страстей»: локальная завершенность отдельных частей, логически выверенное чередование солистов, хора и оркестра, а также строгость колорита. Хоровые «действенные» эпизоды (как у Баха) (например, седьмая часть) являются средоточием полифонической работы» (Киселев, 2009, с.12).

**281) Аналогия Пауля Хиндемита.** П.Хиндемит, помимо музыки Баха, Генделя и Вивальди, ориентировался также на мелодии Клаудио Монтеверди (1567-1643), Генриха Бибера (1644-1704), Джованни Габриели (1555-1612). Эти мелодии Хиндемит включал в свои произведения. П.Б.Киселев в автореферате диссертации на соискание ученой степени

кандидата искусствоведения «Хоровое творчество Хиндемита» (Москва, 2009) пишет: «В последние тридцать лет жизни композитора наблюдается тенденция «ухождения вглубь веков». Не случайно он обращается к музыке Монтеверди (опыт реконструкции первой постановки «Орфея», 1607), Баха и Генделя (расшифровки continuo), Бибера (редакция basso continuo в сонате d-moll для двух скрипок), Вивальди (переложение концерта для виолы д'амур и чембало), Габриели (обработка из «Symphoniae Sacrae») и др. В его творчестве чаще появляются старинные жанры (мотеты, мадригалы, мессы)» (Киселев, 2009, с.14). Определенные музыкальные идеи Хиндемит заимствовал из мадригалов XVI века (например, мадригалов Карло Джезуальдо). П.Б.Киселев говорит о двенадцати мадригалах, написанных Хиндемитами на стихи Й.Вайнхебера, премьера которых состоялась 18 октября 1958 года в Вене: «Хиндемит многое позаимствовал у мадригала XVI века: особенности фактуры, типичные полифонические приемы, традиции респонсорного пения. Можно проследить параллели также с мадригалами Джезуальдо, для которых характерно разделение фактуры на аккордовое «сопровождение» и противопоставленный ему солирующий (верхний) голос. Подобную фактуру мы можем наблюдать и в первой части пятого мадригала Хиндемита» (там же, с.16).

**282) Аналогия Белы Бартока.** Венгерский композитор Бела Барток (1881-1945) во многих своих сочинениях использовал сокровища народного музыкального фольклора, который он изучал в течение всей творческой жизни. С.Сигитов в статье «Ладовая система Белы Бартока позднего периода творчества» (сборник статей «Проблемы лада», Москва, 1972) пишет: «Влюбленный в любое проявление народного гения, Барток на протяжении всей своей сознательной жизни тщательно собирал и изучал фольклор многих стран Венгрии, Румынии, Чехословакии, Болгарии, Украины и даже стран арабских народов. Народная музыка необычайно обогатила творчество Белы Бартока. Усвоение Бартоком народного музыкального искусства было столь глубоко, что не ограничивалось впитыванием, ассимиляцией отдельных интонационных оборотов, ритмических формул, ладовых структур и т.д., а шло дальше – к постижению законов народного мелодического мышления и их свободному творческому использованию. Для Бартока музыкальный язык народа действительно стал его собственным языком» («Проблемы лада», 1972, с.254-255). Об этом пишет Николай Барабанов в статье «Бела Барток» (газета «Искусство», 2007, № 20): «...У Бартока отчетливо сформировалось убеждение, что в его творчестве развитие национального начала должно быть объединено с созданием новых интонаций, базирующихся на упорядочении и переосмыслении того, что веками создавалось в народном творчестве. Так было и у Листа, перерабатывавшего общепринятый музыкальный стиль и одновременно внимательного к ладовой основе народной венгерской музыки. И потому глубоко закономерной для Бартока стала работа фольклориста-исследователя. Экспедиции по собиранию песенного фольклора начались у него с 1906 г. – сначала в Венгрии, а потом и за ее пределами – продолжались с перерывами тридцать лет (последняя такая экспедиция в Турцию состоялась осенью 1936 г.). Собранные им записи тщательно исследовались и систематизировались. Значение этих исследований для композиторской практики Бартока было огромно» (Н.Барабанов, 2007).

**283) Аналогия Белы Бартока.** Б.Барток при создании оперы «Замок герцога Синяя Борода» (1911) включил в нее старинные эпические песни-баллады, которые он когда-то слышал в венгерских деревнях. Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (Москва, «Вече», 2008) пишет об опере «Замок герцога Синяя Борода»: «Семь музыкальных эпизодов, призванных раскрыть тайны замка, поражают живописностью оркестровой палитры и картинностью музыкальных образов. Вокальные партии главных действующих лиц – герцога и его юной супруги декламационны. Причем Барток в основе вокальной декламации использовал старинные эпические песни-баллады, слышанные им однажды в венгерской деревне» (Д.Самин, 2008). Д.Самин цитирует самого Бартока, который говорит о музыкальном

фольклоре Венгрии следующее: «...Венгерские крестьяне и крестьяне других национальностей, живших на территории Венгрии до войны (румыны и словаки, например) сохраняют в своих народных песнях бесценные музыкальные сокровища. В нашем распоряжении богатый и великолепный материал, достаточно только протянуть руку, чтобы его «собрать». Этот материал мы можем использовать в произведениях короткого дыхания, сочиняя аккомпанементы к этим мелодиям, полным вдохновляющей красоты...» (Д.Самин, 2008).

**284) Аналогия Мануэля де Фальи.** Испанский композитор М. де Фалья (1922) написал фортепианное произведение «Семь испанских песен» благодаря тому, что заимствовал и применил в своем творчестве народные мелодии Испании. Е.Г.Горбачева в книге «Популярная история музыки» (2002) раскрывает творческую лабораторию испанского композитора: «В 1922 году появились «Семь испанских песен» для голоса с фортепиано, где Фалья использовал в неизменном виде народные мелодии в сопровождении фортепиано. Тщательно проработанный аккомпанемент оттеняет эмоциональное и образное содержание песен, подчеркивает прелесть музыки, созданной народом. Благодаря своей выразительности и красочности «Семь испанских песен» пользовались необыкновенной популярностью не только на родине автора, но и далеко за ее пределами» (Горбачева, 2002, с.220).

**285) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев написал свою знаменитую «Скифскую сюиту» (1915) в результате того, что перенес в нее музыку из своего незаконченного балета «Ала и Лоллий» (начат в 1914 году). Осуществляя этот перенос, Прокофьев находился также под сильным влиянием «Весны священной» Стравинского. Кроме того, Прокофьев, создавая свою Четвертую симфонию (1930), по аналогии перенес в нее музыку из своего балета «Блудный сын» (1929), а при сочинении оперы «Война и мир» (1943) ассимилировал некоторые фрагменты своей музыки к спектаклю «Евгений Онегин» (1936). И.Вишневецкий в одном из фрагментов очерка «Сергей Прокофьев, документальное повествование в трех книгах» (журнал «Топос», 17.10.2008 г.) раскрывает творческую лабораторию Прокофьева: «Но от материала прежнего «Алы и Лоллия» Прокофьев решил не отказываться, и переделал уже написанные куски в «Скифскую сюиту» для оркестра. Переделка шла под сильным впечатлением от разобранной вместе с автором «Весны священной». Новая «Баядерка» превратилась в музыку сюиты – в повествование о дославянских архаических ритуалах. Впоследствии Прокофьев не раз будет утилизировать не востребованную или не до конца востребованную музыку – напишет, как мы уже знаем, на тематическом материале не поставленной оперы «Огненный ангел» Третью симфонию, на материале как вошедшей в балет «Блудный сын», так и оставшейся неиспользованной, но написанной для балета музыки, - Четвертую симфонию, перенесет куски из написанной для неосуществленных инсценировок «Евгения Онегина» и постановки по трагедии «Борис Годунов» музыки в оперу «Война и мир», в звуковую дорожку к фильму Эйзенштейна «Иван Грозный», в Седьмую симфонию. Хорошая музыка не должна была оставаться в столе» (И.Вишневецкий, 2008).

**286) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев в процессе работы над «Увертюрой на еврейские темы» (1919) использовал мелодии, которые он почерпнул из еврейского фольклора. Илья Хейфец в статье «Еврейские мотивы в русской музыке» (журнал «Лехаим», № 7 (183), июль 2007 г.) говорит о Прокофьеве: «Он пишет «Увертюру на еврейские темы» (1919), ставшую одним из наиболее часто исполняемых его произведений. Написанная в Америке по заказу инструментального ансамбля «Зимро» и целиком основанная на современных народных танцевальных и песенно-лирических темах, «Увертюра» представляет собой, видимо, первый ярчайший пример чисто жанровой трактовки еврейской национальной темы в русской музыке, без какой-либо философско-этической «подкладки» (И.Хейфец, 2007).

**287) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев сочинил некоторые свои произведения, по аналогии заимствуя у М.Мусоргского определенные средства выражения музыкального замысла. В частности, музыковедами обнаружено сходство между произведениями С.С.Прокофьева «Токката», «Наваждение», написанными в период с 1908 по 1914 годы, с симфонической фантазией Мусоргского «Ночь на Лысой горе» (1867). Также обнаружено сходство между «Сказками старой бабушки» (1918) С.С.Прокофьева и сюитой «Картинки с выставки» (1874) М.Мусоргского. Марина Сабина в статье «Мусоргский и Прокофьев» (журнал «Советская музыка», 1991, № 4) пишет: «Как ни велик вклад Римского-Корсакова и Лядова в сферу сказочности, как ни силен порою в прокофьевской музыке корсаковско-лядовский отпечаток (волшебна хрупкая четвертая вариация средней части Третьего фортепианного концерта), воздействия Мусоргского шире, разветвленное. В свирепом напоре «Токкаты» и «Наваждения» с его прямо вдальбываемой попевкой нетрудно уловить близость рефрену симфонической фантазии Мусоргского; страшноватые, пугающие лики Интермеццо Второго фортепианного концерта определенно восходят к «Ночи на Лысой горе», а «Сказки старой бабушки» - к «Картинкам с выставки» (М.Сабина, 1991). Пытаясь объяснить причины того, что Прокофьев, испытавший влияние Мусоргского, первоначально отрицал это влияние в силу ряда обстоятельств, М.Сабина указывает: «Быть может, сыграла роль и устойчиво бытовавшая в стенах Петербургской консерватории оценка Мусоргского как таланта, страдавшего роковыми дефектами профессиональной выучки. Но сознательно или полубессознательно Прокофьевым усваивались мощные токи его влияний, и это было сразу слышано наиболее чуткими, прогрессивными критиками» (М.Сабина, 1991).

**288) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев создал оперу «Огненный ангел» (1927) в результате того, что по аналогии перенес в нее музыку своего диатонического «Белого квартета» - струнного квартета, исполняемого на рояле или другом подобном инструменте с использованием только белых клавиш. Примечательно, что позже С.С.Прокофьев по аналогии перенес мелодический материал оперы «Огненный ангел» в свою Третью симфонию (1929). Л.Л.Бочкарев в книге «Психология музыкальной деятельности» (1997) указывает, ссылаясь на исследования музыковеда М.Е.Тараканова: «Очень показателен в психологическом отношении и другой пример, приводимый М.Е.Таракановым – об истории создания С.С.Прокофьевым Третьей симфонии [289]. Композитор задумал вначале написать диатонический «Белый квартет» - струнный квартет, «который, если бы его сыграть на рояле, «ограничивался белыми клавишами». Темы этого квартета стали затем лейтмотивом оперы «Огненный ангел» на сюжет В.Брюсова. Не добившись постановки оперы, С.С.Прокофьев создает на ее основе инструментальную сюиту, позже находит в ее тематическом материале зерно будущей симфонии. При создании оперы «Огненный ангел» С.С.Прокофьев значительно переработал материалы «Белого квартета», симфония же возникла с помощью монтажа готовой музыки» (Бочкарев, 1997, с.173). Далее Л.Л.Бочкарев уточняет, как С.С.Прокофьев перенес в свою Третью симфонию фрагменты оперы «Огненный ангел»: «В отдельных случаях композитор заимствовал из оперы весьма пространственные музыкальные куски, в других объединял мелкие фрагменты, порой не превышающие двух тактов» (там же, с.174).

**289) Аналогия Сергея Прокофьева.** В опере С.С.Прокофьева «Огненный ангел» (1927) нашли также свое применение определенные музыкальные идеи и приемы Р.Вагнера. И.Вишневецкий в одном из фрагментов очерка «Сергей Прокофьев, документальное повествование в трех книгах» (журнал «Топос», 05.08.2008 г.) констатирует: «Услышав оперы Вагнера на сцене Мариинки, Прокофьев раз и навсегда оказался плененным их драматургией. И хотя юношеское увлечение Вагнером дало настоящие плоды только десятилетия спустя – рассчитывать на моментальный отклик было бы наивным – Прокофьев оказался чуть ли не единственным крупным композитором XX века, отнесшимся к оперному театру Вагнера очень всерьез. Сквозное симфоническое развитие, темы-портреты, восходящие к

настойчивым лейтмотивам Вагнера, мистериальный, космический почти характер действия будут присущи лучшим страницам «Огненного ангела» (И.Вишневецкий, 2008).

**290) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев при сочинении Пятой симфонии (1944) по аналогии включил в нее ряд музыкальных тем из произведений А.Глазунова. И.Вишневецкий в одном из фрагментов книги «Сергей Прокофьев, документальное повествование в трех книгах» (журнал «Топос», 05.08.2008 г.) указывает: «...Прокофьев же, как он ни стремился отрицать любые влияния, с годами все больше демонстрировал зависимость от того, что глубоко прочувствовал в ранние годы. Как ни парадоксально, самая конструктивно совершенная и зрелая, самая музыкально цельная и самая характерно прокофьевская из его симфоний – Пятая одновременно и самая «глазуновская»: в первую очередь, по возвышенному благородству тематических линий и формы. Есть в ней и прямые аллюзии на Глазунова» (И.Вишневецкий, 2008).

**291) Аналогия Сергея Прокофьева.** С.С.Прокофьев, создавая свою оперу «Война и мир» (1943), по аналогии перенес в нее некоторые музыкальные идеи из своей кантаты «Александр Невский» (1939), а также из собственных опер «Мадам Буттерфляй» (1911) и «Любовь к трем апельсинам» (1919). Б.Тараканов в статье «Сергей Прокофьев – опера «Война и мир» (сайт «Архив музыкальных обзоров», 1998) указывает: «В опере «Война и мир» Прокофьев использовал большую часть музыкального потенциала, накопленного в более ранних произведениях. Так, например, в батальных сценах можно встретить мелодические интонации фрагментов «Ледовое побоище» и «Мертвое поле» из кантаты «Александр Невский». Кое-где попадаются приемы, уже отработанные композитором в операх «Мадам Буттерфляй» и «Любовь к трем апельсинам» (Б.Тараканов, 1998).

**292) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при создании «Песни о встречном», которая впервые прозвучала в кинофильме «Встречный» (1932), использовал мелодию из сборника песен Александра Чернявского, изданного в 1895 году. Примечательно, что А.Чернявский первоначально планировал устроить судебное разбирательство по поводу данного заимствования, однако впоследствии отказался от своего намерения. К.Мейер в книге «Шостакович. Жизнь. Творчество. Время» (1998) констатирует: «...Александр Чернявский – автор известных русских песен «У калитки», «У колодца», показал свой песенный сборник, изданный в 1895 г., и заявил, что Шостакович заимствовал у него мелодию Песни о встречном. Была создана комиссия под председательством Штейнберга. Она установила близость обеих песен...» (Мейер, 1998, с.171). «Затем Чернявский, - поясняет К.Мейер, - решил добровольно отказаться от своего иска, якобы потому, что Шостакович вызвал у него симпатию...» (там же, с.171). Об этом же пишет Яков Рубенчик в статье «Без мелодии не может быть музыки» (альманах «Лебедь», № 305 от 5 января 2003 г.): «Вскоре после выхода в свет кинофильма «Встречный» (1932) с музыкой Шостаковича композитор А.Чернявский обвинил Шостаковича в плагиате. Для разбора его жалобы была создана комиссия под председательством М.Штейнберга, заместителя директора Ленинградской консерватории и, в прошлом, учителя Шостаковича. Комиссия установила сходство Песни о Встречном с песней, написанной Чернявским в 1895. Сходство признал и сам Шостакович (см. книгу К.Мейера «Шостакович», СПб., 1998, стр.171)» (Я.Рубенчик, 2003). Данная аналогия Шостаковича напоминает аналогию Бетховена, то есть ситуацию, когда Бетховен заимствовал из сборника народных песен Львова-Прача отдельные мелодии, которые он включил в свои Седьмой и Восьмой квартеты. Мы уже говорили об этой аналогии, но вновь отметим ее, процитировав отрывок из книги Бориса Кремнева «Бетховен» (Москва, 1961). Б.Кремнев пишет о Бетховене: «Работая над квартетами Разумовского, он как бы заглянул в душу незнакомого народа. Песни, с которыми он познакомился по сборнику Львова-Прача, отражали красивую и светлую душу русских. Некоторые из этих напевов он дословно использовал в своем

сочинении. В Седьмом квартете звучит веселая русская песня «Ах, талант, мой талант», Восьмой квартет украшает торжественная величальная «Слава» (Кремнев, 1961, с.77).

**293) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович, сочиняя оперу «Светлый ручей» (1935), перенес в нее фрагменты музыки из своего же балета «Болт» (1931). Светлана Наборщикова в статье «За ведущую роль музыки в музыкальном театре!» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006) пишет: «Не укладываясь в сроки, Шостакович стал вводить в балет ранее сочиненную музыку, что также не противоречило старым правилам создания балетного спектакля с его неизменными вставками, купюрами и взаимозаменяемостью музыкального материала. Из «Болта» был заимствован укороченный финал второго действия...» (Наборщикова, 2006, с.170).

**294) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович в процессе создания Четвертой симфонии (1936) включил в нее фрагменты музыки из симфоний австрийского композитора Густава Малера. Соломон Волков в статье «Сталин и Шостакович» (журнал «Знамя», 2004, № 8), которая является фрагментом его книги «Шостакович и Сталин: художник и царь» (Москва, Эксмо, 2004), пишет о том, как Шостакович использовал в Четвертой симфонии музыкальный материал Малера: «Свою Четвертую он справедливо рассматривал как решительный скачок вперед. Конечно, многое в ней – протяженность (больше часа музыки); огромный оркестр, использованный для гигантских нарастаний и резких срывов; щедрое употребление «банального» мелодического материала – идет от Малера, симфонии которого Шостакович к этому времени внимательнейшим образом изучил. (Во время работы над Четвертой симфонией на рояле Шостаковича, как вспоминают друзья, стояли ноты Седьмой симфонии Малера)» (С.Волков, 2004). Примечательно, что Д.Д.Шостакович в финале своей Четвертой симфонии использует (ассимилирует) мелодию из последней части вокального цикла Малера «Песни странствующего подмастерья» (1884). С.Волков в той же статье акцентирует внимание на этой аналогии Шостаковича: «Сходство похоронного марша из финала Четвертой симфонии Шостаковича с мелодией из последней части вокально-оркестрового цикла Малера «Песни странствующего подмастерья» (1883-1884) неоспоримо. Но о чем поется у Малера? «Печаль и горе теперь со мной навеки». Комментарии тут излишни» (С.Волков, 2004). Об этом же, то есть об использовании фрагментов музыки Малера в Четвертой симфонии Шостаковича, говорит К.Мейер в книге «Шостакович. Жизнь. Творчество. Время» (1998): «В Четвертой симфонии Шостакович выразил также свою огромную любовь к музыке Густава Малера. В период ее написания он живо интересовался творчеством австрийского симфониста. Некоторые фрагменты Четвертой - например, финальный траурный марш или эпизод, предшествующий коде, - созданы под сильным влиянием автора «Песни о земле» (Мейер, 1998, с.199).

**295) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович в процессе работы над Пятой симфонией (1937) по аналогии перенес в нее мелодию «Хабанеры» из знаменитой оперы Ж.Бизе «Кармен» (1875). А.С.Бендицкий в статье «О Пятой симфонии Шостаковича» (Нижний Новгород, Нижегородская государственная консерватория им.М.И.Глинки, 2000) описывает работу композитора над симфонией № 5: «И Шостакович решил взять себе в союзники Бизе, чей авторитет неоспорим, кому не может угрожать уже никакой тиран. Но как, имея дело с бестекстовой музыкой (с симфонией), можно утверждать, что она – о любви, а не о чем-то другом, например, об индустриализации, о перевоспитании несознательного интеллигента, или, в конце концов, не просто «чистая» музыка, мастерски выполненная комбинация звуков? Для этого должен быть взят материал, всем хорошо знакомый, мелодию и слова которого все знают. Знают даже те, кто никогда не был в оперном театре, а французский вариант текста понятен тем, кто не знает французского языка. Материал этот – Хабанера из оперы «Кармен» (Бендицкий, 2000, с.3-4). «О Пятой симфонии, - продолжает А.С.Бендицкий, - написано множество статей и научных работ. Но мне никогда не

приходилось читать о тематических связях между Хабанерой Бизе и симфонией Шостаковича, кроме вскользь сделанного упоминания в примечании к статье Мазеля о Пятой симфонии. Мазель расценивает это сходство как «внешнее», обусловленное простотой гармонии и краткостью мотива Хабанеры. Однако в устных беседах я убеждался, что многие музыканты эти связи подмечали. Цель данной статьи – доказать «неслучайность» сходства» (там же, с.6). «Естественно, что при гениальной памяти Шостаковича (он помнил целые оперы наизусть «от корки до корки»), - аргументирует А.С.Бендицкий, - музыка Бизе не могла не вызвать ассоциаций, стучала в висках. Ростки тем, атмосфера, испанский колорит проявились, проросли не только в ткани Пятой симфонии, но и в нескольких дальнейших сочинениях. Но это был уже как бы «отраженный свет». А Хабанера дала конкретный материал» (там же, с.12).

**296) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович (1941) при сочинении знаменитой Седьмой симфонии, которую он написал в блокадном Ленинграде, по аналогии перенес в нее, в ту ее часть, которая воспроизводит эпизод нашествия, мелодию известного произведения Мориса Равеля «Болеро» (1928). Об этом пишут многие музыковеды. М.Ш.Бонфельд в статье «Уроки великого маэстро» (журнал «Музыкальная академия», № 4, 1997) аргументирует: «В самом деле – почему Шостакович пошел на то, чтобы сделать «эпизод нашествия» по модели равелевского «Болеро», отлично понимая, что возможны упреки в подражании, заимствовании идеи. Значит, для него было важно, чтобы образ Зла был именно таким: движением некоего механизма, некой Машины, точной и отлаженной, движущейся с определенной – опять-таки – жестко заданной скоростью. Не в этой ли механистичности кроется особенность Зла нашего века?» (М.Ш.Бонфельд, 1997). В некоторых своих высказываниях Д.Шостакович пытался оттенить момент влияния «Болеро» Равеля на его Седьмую симфонию, сообщая, что он также испытывал воздействие музыки М.Глинки, но это лишь усиливает наш интерес к мелодическому материалу «Болеро». Валерий Гаврилин в статье «Об оркестровке Д.Д.Шостаковича» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006) повествует: «В 1954 году Д.Д.Шостакович писал: «Я не раз задумывался, почему знатоки музыки, которые обычно так легко обнаруживают связь между конструкцией первой части моей 7-й симфонии и «Болеро» Равеля, не замечают непосредственного воздействия на мое оркестровое слышание «Камаринской» Глинки, которую я всегда изучал и буду изучать до конца моих дней как высший образец инструментовки, органически вытекающей из образцового содержания музыки». И сейчас, оглядываясь на все то, что сделано Шостаковичем в оркестре, понимаешь всю глубину этих слов, их программное звучание» (Гаврилин, 2006, с.29). Яков Рубенчик в статье «Без мелодии не может быть музыки» (альманах «Лебедь», № 305 от 5 января 2003 г.) слишком критично рассматривает тот факт, что Д.Д.Шостакович в своей симфонии № 7 использовал «Болеро» Мориса Равеля. Указывая, что известный художник Пабло Пикассо, создавая свою картину «Герника» (1937), заимствовал образы картины «Ярмарка в Куэрникабре» художника М.Наварро (начало 19 века), и считая, что в данном случае можно говорить о плагиате со стороны Пикассо, Я.Рубенчик подчеркивает, что Д.Д.Шостакович, заимствуя музыку «Болеро» Равеля, совершил нечто похожее. «И если Пикассо, - аргументирует Я.Рубенчик, - можно обвинять в плагиате за использование чужой композиции, то почему нельзя то же самое обвинение предъявить Шостаковичу за использование в первой части его Седьмой симфонии композиции равелевского «Болеро» (Я.Рубенчик, 2003). Конечно, полностью согласиться с подобным заявлением Я.Рубенчика нельзя, поскольку и Ньютон не открывал закон тяготения, его открыл Роберт Гук, а Ньютон создал развернутую математическую теорию на базе этого закона.

**297) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович (1941), кроме мелодии «Болеро» Равеля, по аналогии перенес в Седьмую симфонию фрагмент музыки из фортепианной сонаты № 5 Л.Бетховена (1797). Лео Мазель в статье «К спорам о Шостаковиче» (журнал

«Советская музыка», 1991, № 5) пишет о Седьмой симфонии Шостаковича: «При первом же прослушивании симфонии (Свердловск, осень 1942 года; дирижировал Натан Рахлин) я заметил, что начальный двенадцатитактный период темы забавным образом соответствует каркасу (структурному «скелету») одной мелодии Бетховена – при абсолютной несхожести образно-выразительного смысла музыки» (Л.Мазель, 1991). Далее Л.Мазель, сравнивая Седьмую симфонию Шостаковича и сонату № 5 Бетховена, вносит детали в свое наблюдение: «В первых шести тактах тема Шостаковича близка скелету бетховенской мелодии, а в последующих четырех сходство совсем очевидно: две нисходящие гаммообразные фразы, причем вторая в обоих случаях начинается тоном ниже первой... В целом подобие довольно внушительно» (Л.Мазель, 1991).

**298) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при написании фортепианного трио, посвященного памяти И.И.Соллертинского (1944), использовал в финале данного произведения танцевальную мелодию, напетую ему Соломоном Гершовым. М.Уваров и О.Ясаков в статье «Смерть и погребение в музыке» (философский альманах «Фигуры Танатоса», СПб., 2001, выпуск 6) указывают: «Шостакович в финале своего Трио также использует танец, напетый ему витебским художником Соломоном Гершовым, но в данном случае этот стилизованный еврейский танец «со скрипкой и притопом» поднимает музыку на заоблачно трагическую высоту, становится «моментом истины» всего произведения» (М.Уваров, О.Ясаков, 2001). Об этой же аналогии Шостаковича повествует С.Голубков в статье «Фольклор в российской музыке XX века: от Рахманинова до наших дней» (журнал «Музыкант-Классик», 2004, №№ 1-2): «Достаточно известен и другой, более поздний пример его обращения к еврейской музыке во Втором фортепианном трио, ор.67 (1944), посвященной памяти И.Соллертинского. В финале этого знаменитого трио Шостакович разрабатывает музыкальную тему, напетую ему прибалтийским художником Соломоном Гершовым (учеником Марка Шагала) и трактует ее как постепенно разрастающуюся «пляску смерти». Музыка неизменно производит на всех, кто ее слушает, совершенно потрясающее впечатление – не случайно эту еврейскую мелодию Шостакович цитировал позднее и в других своих сочинениях, проводя ее в качестве автоцитаты...» (С.Голубков, 2004). Необходимо отметить, что сама еврейская музыка, то есть еврейский музыкальный фольклор, как и песенный фольклор некоторых других народов, представляет собой сплав мелодических материалов, заимствованных из разных источников. В частности, на это обратил внимание Мак Шац-Анин, который в статье «Темпорализм. Опыт философии еврейской культуры» (альманах «Еврейская старина», № 4 (28), апрель 2005 г.) замечает: «На пути своих бесконечных скитаний еврейство впитывало в себя самые инородные музыкальные элементы, не всегда амальгамируя их со своим национальным мелосом. Вся новая синагогальная музыка (Зульцер, Номберг, Левандовский) представляет собою безотрадное механическое сплетение народного минора с отрывками и обрывками заимствованных отовсюду мелодий» (М.Шац-Анин, 2005). Правда, здесь трудно согласиться, что синтез элементов из разных музыкальных источников может быть безотрадным механическим сплетением.

**299) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при работе над кантатой «Антиформалистический раек» (1948) использовал в ней фрагменты музыки из оперетты «Корневилльские колокола» (1877) французского композитора Роберта Планкетта. Иван Соколов в статье «По направлению к альтернативной сонате» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006) констатирует: «Очень интересно проследить, как, особенно в последний период, в творчестве Шостаковича возрастает количество цитат. Цитировал композитор всегда – вспомним его ранние сочинения, Первый фортепианный концерт или «Антиформалистический раек» 1948 года, где процитировано огромное количество музыки, сейчас подзабытой, например, из оперетты «Корневилльские колокола» Планкетта, или Пятнадцатую симфонию, где использованы цитаты из Россини и Вагнера, о чем уже много написано» (Соколов, 2006, с.42).

**300) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при сочинении музыки для кинофильма «Овод» (1955) по аналогии заимствовал мелодию из оперы «Таис» (1894) французского композитора Жюль Эмиля Массне. Яков Рубенчик в статье «Без мелодии не может быть музыки» (альманах «Лебедь», № 305 от 5 января 2003 г.) отмечает: «И еще один пример. Во всей музыке Шостаковича не найдется более красивой мелодии, чем мелодия Романса для скрипки с оркестром из кинофильма «Овод». Но каждому скрипачу известно, что Медитации из оперы «Таис» Массне (тоже для скрипки с оркестром) можно отличить от Романса разве что только по оркестровке» (Я.Рубенчик, 2003).

**301) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович во время сочинения своей Одиннадцатой симфонии (1957), носящей название «1905 год», по аналогии перенес в нее мелодии шести песен, посвященных революции, то есть образующих революционный песенный фольклор России (но не только России). Д.Б.Кабалевский в книге «Про трех китов и про многое другое» (Москва, 1976) пишет о симфонии № 11 Шостаковича: «1905 год» - такое лаконичное и очень точное название дал композитор своему новому произведению, в котором решил средствами одной лишь инструментальной музыки, без пения, нарисовать события революции 1905-1907 годов, «генеральной репетиции Великого Октября», как назвал ее Ленин. И вот, чередуясь и сплетаясь с собственными мелодиями композитора, зазвучали в этой симфонии напевы тех самых песен, которые в начале века создали и пели мужественные русские революционеры, поднявшие знамя борьбы за свободу. И хотя теперь эти песни, превратившись в симфонические мелодии, звучат уже без слов, в усложненном, а порой и в измененном виде, - все равно каждый из нас, слушая симфонию, без всяких специальных пояснений поймет, о чем в ней идет речь, что хотел здесь выразить композитор. Вот видите, какую большую и важную роль в симфонической музыке может сыграть песня!» (Кабалевский, 1976, с.90-91). «Конечно, - поясняет Д.Б.Кабалевский, - никакая, даже самая гениальная симфония никогда не заменит народную песню, как бы блестяще она ни была обработана и разработана композитором. Но ни один композитор о такой «замене» никогда и не помышляет. Не помышлял о ней и Шостакович, сочиняя на мелодиях революционных песен свою одиннадцатую симфонию («1905 год»), о которой мы с вами уже вспоминали несколько раз. Но вот положил он в основу третьей части этой симфонии, назвав ее «Вечная память», народно-революционный траурный марш «Вы жертвою пали в борьбе роковой». И свободно, смело развивая мелодию этого марша, выращая из нее совершенно новые, уже свои собственные мелодии, Шостакович нарисовал картину такого грандиозного траурного шествия, картину, наполненную такой великой народной скорбью и таким великим народным гневом, что в сравнении с этой картиной сама песня начинает казаться пусть великолепным, но все же только эскизом...» (там же, с.319). Отметим, что здесь, как и во многих других случаях, используется электронная версия книги Д.Б.Кабалевского, поэтому нумерация ее страниц может не совпадать с нумерацией страниц бумажного варианта книги.

**302) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович, создавая свою Четырнадцатую симфонию (1969), использовал в ней многие мелодические обороты вокального цикла М.Мусоргского «Песни и пляски смерти» (1877). Д.Д.Шостакович специально занимался оркестровкой этого произведения М.Мусоргского. В статье «Предисловие к премьере» (газета «Правда», 25 апреля 1969 г.) Д.Д.Шостакович говорит: «Я оркестрировал вокальный цикл Мусоргского «Песни и пляски смерти» - это великое произведение, я всегда перед ним преклонялся и преклоняюсь. И мне пришла мысль, что, пожалуй, некоторым «недостатком» его является... краткость: во всем цикле всего четыре номера. А не набраться ли смелости и не попробовать ли продолжить его, подумалось мне» (Д.Д.Шостакович, 1969). В книге «Д.Шостакович. Статьи и материалы» (Москва, «Советский композитор», 1976) есть следующие слова Д.Д.Шостаковича: «Мне кажется, что я в своей симфонии иду по стопам великого русского композитора Мусоргского. Его цикл «Песни и пляски смерти», может

быть, не весь, но «Полководец» - это большой протест против смерти, напоминание о том, что жизнь свою надо прожить честно, благородно, порядочно, не совершая плохих поступков никогда» (Д.Д.Шостакович, 1976).

**303) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при работе над Четырнадцатой симфонией (1969) по аналогии перенес в нее не только фрагменты музыки из вокального цикла М.Мусоргского «Песни и пляски смерти» (1877), но и некоторые испанские народные мелодии. Р.Пименова в статье «Колорит Испании» (газета «География», 2001, № 18) указывает: «Дмитрий Шостакович, никогда не бывавший в Испании, использовал испанские темы на стихи Гарсия Лорки в знаменитой Четырнадцатой симфонии (это первые две ее части: «Сто горячо влюбленных сном вековым уснули» и «Малагенья»)» (Р.Пименова, 2001). Что касается писателя Гарсия Лорка, то он хорошо знал испанский музыкальный фольклор. Р.Пименова в той же статье отмечает: «Гарсия Лорка, знавший хорошо испанский фольклор (он составил собрание из почти 300 песен), отмечал, что при всем многоцветьи местных жанров – астурийские, галисийские, андалусские песни и танцы – есть такие, которые приобретают общеиспанское значение, например, хота (ее родина Арагон), сегидилья» (Р.Пименова, 2001). Кроме того, в Четырнадцатой симфонии Шостакович использовал некоторые мотивы из симфонии-кантаты «Песнь о земле» (1908) Малера. Г.Данузер в статье «Малер сегодня – в поле напряжения между модернизмом и постмодернизмом» (журнал «Музыкальная академия», 1994, № 1) пишет: «Шостакович, чье позднее творчество непосредственно и непрерывно продолжает малеровскую традицию из второй половины XX столетия до наших дней, в отличие от авангардистов, связан с Малером в более явном и прямом смысле, - прежде всего, с малеровским скерцо, типологию которых он иронически-пародийно развивает отнюдь не только в «малерианской» Четвертой симфонии 1936 года. Созданная в 1969 году Четырнадцатая симфония ор.135 для сопрано, баса и камерного оркестра, в котором озвучены десять стихотворений западно-европейских авторов (в их числе Апполинер, Лорка и Рильке) на тему смерти, отражает, наряду с влиянием Мусоргского, также и глубокое восхищение «Песнью о земле», о которой Шостакович говорил: если бы ему оставалось жить всего лишь час и имелась бы возможность прослушать только одну пластинку, он выбрал бы финал этого произведения» (Г.Данузер, 1994).

**304) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович в своем Пятом квартете (1952), а также в вокальном цикле на стихи Микеланджело (1970) использовал музыку Галины Уствольской (1919-2006) – русского композитора, автора пяти симфоний, лауреата Гейдельбергской премии за достижения в области искусства (1992). Алексей Мокроусов в статье «Странная жизнь Д.Шостаковича» (альманах «Лебедь», № 383, 11 июля 2004 г.) указывает: «...Музыку Уствольской Шостакович цитировал, в том числе в Пятом квартете и цикле на стихи Микеланджело» (А.Мокроусов, 2004). Об этом же пишет Александр Санин в статье «Галина Уствольская: слово сказано» (журнал «Советская музыка», 1990, № 10): «Жизнь Галины Уствольской не богата внешними событиями. Живет все время в Ленинграде. В 1950 году оканчивает аспирантуру Ленинградской консерватории по классу композиции Шостаковича. Шостакович очень высоко ценил музыку Галины Уствольской. Вторую тему из финала ее Трио для кларнета, скрипки и фортепиано он положил в основу Пятого струнного квартета и девятой части из сюиты «Сонеты Микеланджело Буонаротти» (А.Санин, 1990).

**305) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович при работе над Восьмым квартетом (1960) по аналогии перенес в него музыку из первой части Шестой симфонии (1893) П.И.Чайковского и мелодию Траурного марша из оперы «Гибель богов» (1874) Р.Вагнера. М.Уваров и О.Ясаков в статье «Смерть и погребение в музыке» (философский альманах «Фигуры Танатоса», 2001, выпуск 6) пишут: «...Пассакалия из первой части Шестой симфонии Чайковского была намеками, вместе с Траурным маршем из «Гибели богов» Вагнера, использована в Восьмом квартете Шостаковича, также посвященном смерти:

«Я размышлял о том, что если я когда-нибудь помру, то вряд ли кто напишет произведение, посвященное моей памяти. Поэтому я сам решил написать таковое» (М.Уваров, О.Ясаков, 2001).

**306) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович (1960), помимо мелодий из произведений П.И.Чайковского и Р.Вагнера, по аналогии включил в свой Восьмой квартет большое количество музыкальных фрагментов из собственных сочинений, а также мелодию народной революционной песни «Замучен тяжелой неволей». В частности, Д.Д.Шостакович перенес в Восьмой квартет свою же музыку к кинофильму «Молодая гвардия», написанную в 1948 году, элементы своей Первой (1925), Восьмой (1943) и Десятой (1952) симфоний, фортепианного трио (1944), Первого виолончельного концерта (1959), фрагменты музыки из своей оперы «Леди Макбет» (1932). Соломон Волков в статье «1960: роковой год в жизни Шостаковича» (журнал «Чайка», № 22 (33) от 19 ноября 2004 г.) пишет о том, как Шостакович перенес в Восьмой квартет похоронный марш «Смерть героев» из музыки к фильму «Молодая гвардия» и ряд других элементов собственных произведений: «Фильм «Молодая гвардия» сначала не понравился Сталину, но после переделок вождь сменил гнев на милость, наградив фильм (но не музыку) Сталинской премией первой степени. И надо полагать, что никому и никогда не пришло бы в голову интерпретировать похоронный марш «Смерть героев» как автобиографический, если бы через десяток с лишним лет Шостакович не включил музыку оттуда в свое самое автобиографическое сочинение – Восьмой квартет. Это удивительный опус, почти сплошь состоящий из автоцитат (а также цитат из «Гибели богов» Вагнера и Шестой симфонии Чайковского). Шостакович также использовал в Квартете популярную революционную песню «Замучен тяжелой неволей», слова которой были сочинены в 1876 году поэтом Григорием Мачтетом и тогда же опубликованы им в русской эмигрантской прессе в Лондоне» (С.Волков, 2004). «Сам Шостакович, - поясняет С.Волков, - перечисляя в одном из писем использованные в Восьмом квартете автоцитаты, упоминает темы из Первой, Восьмой и Десятой симфоний, фортепианного трио, Первого виолончельного концерта и оперы «Леди Макбет»: настоящая автобиография в музыке» (С.Волков, 2004). Михаил Ардов в одном из фрагментов своего произведения «Книга о Шостаковиче» (журнал «Новый мир», 2002, № 6) цитирует Исаака Гликмана, который объясняет, почему Шостакович использовал песню «Замучен тяжелой неволей»: «Творческое, художественное бесстрашие Шостаковича сочеталось в нем со страхом, возвращенным сталинским террором. Многолетняя духовная неволя опутала его своими сетями, и не случайно в автобиографическом Восьмом квартете так надрывно, драматично звучит мелодия песни «Замучен тяжелой неволей» (М.Ардов, 2002).

**307) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович в процессе создания своей Пятнадцатой симфонии (1971) использовал мелодии из оперы Д.Россини «Вильгельм Телль» (1829), из Шестой симфонии Л.Бетховена, называемой «Пасторальной» (1808), из тетралогии Р.Вагнера «Кольцо Нибелунга» (1874). Об этом пишут многие музыковеды. Павел Юхвидин в статье «Пятнадцать лет прощания» (сайт «Заграница», 28.09.2008 г.) дает краткую характеристику последних симфоний Шостаковича: «Если Тринадцатая – публицистический манифест, то Четырнадцатая – реквием самому себе. А потом была и Пятнадцатая, без пения, но с вполне прочитаемыми цитатами из Россини и Вагнера. Лейтмотив судьбы из «Гибели богов» - куда уж яснее» (П.Юхвидин, 2008). Илья Овчинников в статье «В поисках утерянного драйва» («Независимая газета», 14.04.2003 г.) замечает: «В качестве итога творческого пути пятнадцатая симфония Шостаковича выглядит гораздо убедительнее. Здесь композитор оглядывается назад, скрыто и явно цитируя себя самого, Вагнера, Россини...» (И.Овчинников, 2003). Леви Шаар в статье «Письма о Вагнере» (альманах «Заметки по еврейской истории», № 6 (78), март 2007 г.) приводит фрагмент воспоминаний профессора Ленинградской консерватории и друга Шостаковича Исаака Гликмана: «А вот еще одна цитата из воспоминаний профессора Гликмана: «18 июля. Мы говорили о Пятнадцатой

симфонии, которую Шостакович надеется завершить в Репине к концу месяца. Коснулись мы интересного вопроса о правомерности цитат. Они включены в ткань симфонии: из увертюры к «Вильгельму Теллю» Россини, из Шестой симфонии Бетховена, из «Кольца Нибелунга» Вагнера» (Л.Шаар, 2007). Отметим здесь, что опера «Гибель богов» (1874) – последняя из четырех опер Вагнера, входящих в его тетралогию «Кольцо Нибелунга».

**308) Аналогия Дмитрия Шостаковича.** Д.Д.Шостакович, создавая свою «Альтовую сонату» (1975), перенес в нее фрагменты музыки из «Лунной сонаты» (1801) и Тридцать первой сонаты (1821) Бетховена. Есть в этом произведении Д.Д.Шостаковича и фрагменты музыки из его собственных предыдущих сочинений. Иван Соколов в статье «По направлению к альтовой сонате» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006) отмечает: «В Альтовой сонате сразу бросается на слух аллюзия на тему первой части «Лунной сонаты» Бетховена. Помню, на премьере в консерватории по Малому залу прошел этаким шумок, - все сразу угадали и осознали, что этим хотел сказать композитор. Другие цитаты, использованные в Альтовой сонате, конечно, потребовали специального исследования, потому что Шостакович вводил в контекст своего последнего опуса фрагменты из собственных сочинений, причем не столь известных. Например, в Альтовой сонате использована цитата из Сюиты для двух фортепиано опус 6 (тема, состоящая из нисходящих квартовых интонаций), которая первоначально была задумана как Первая симфония» (Соколов, 2006, с.42). О том, что Шостакович использовал в своей Альтовой сонате произведения Бетховена, пишет также Виктор Бобровский в статье «Шостакович в моей жизни. Личные заметки» (журнал «Советская музыка», № 9, 1991): «Финал Сонаты – последний взлет гения. В нем покаянность нашла светлый исход. Покаянная песнь становится песнью преодоленных страданий. Это выстраданное всей жизнью Шостаковича право на личное бессмертие. Найдя ранее точку опоры в величии духа Микеланджело, композитор теперь находит эту опору и в величии духа Бетховена. Не только фактура и мотив из «Лунной» становятся здесь исходной точкой, но и тема фуги из Тридцать первой сонаты в новом облике начинает финал» (В.Бобровский, 1991).

**309) Аналогия Георгия Свиридова.** Г.В.Свиридов создал ряд известных музыкальных произведений, по аналогии заимствовав многие творческие принципы и приемы из сочинений немецкого композитора Карла Орфа (1895-1982). Антон Висков в статье «Наследник Апостола Иоанна» (журнал «Наш современник», № 6, 2004) пишет: «Выдающаяся исследовательница творчества замечательного немецкого композитора Карла Орфа Оксана Тимофеевна Леонтьева вспоминала, как в конце пятидесятых годов Свиридов «бегал по всей Москве, размахивая нотами «гениального композитора Орфа», чья музыка была тогда еще мало известна у нас в стране». Она считала, что именно Свиридову принадлежит честь открытия для широкой музыкальной общественности произведений великого немца. Мне бы хотелось отметить, что многие композиторские принципы и приемы были прямо заимствованы Свиридовым из орфовских сочинений, что именно его музыка содействовала уходу Свиридова от влияния Шостаковича, формированию и утверждению того, что мы привыкли определять как свиридовский стиль» (А.Висков, 2004).

**310) Аналогия Георгия Свиридова.** Г.Свиридов в известной кантате «Курские песни» (1964) использовал музыкальный фольклор Курской области, где прошло его детство. Г.Свиридов в книге «Из записных книжек» (сайт «Русское Воскресение») пишет: «Часто я вспоминаю свою Родину – Курский песенный край. Россия была богата песней, Курские края – особенно. До пятидесятых годов (как я знаю) хранились в памяти народных певиц и певцов, передаваемые изустно, из поколения в поколение дивные, старинные напевы. Как они прекрасны, как они оригинальны, своеобразны, какая радость – слушать их. Один из музыкальных ладов, на котором построена моя кантата «Курские песни», говорит о глубокой древности своего происхождения. Этому ладу, я думаю, сотни лет» (Г.Свиридов, сайт «Русское Воскресение»). Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) подчеркивает факт проникновения

музыкального фольклора в творения Свиридова, в том числе в упомянутую кантату: «Что касается стиля, то в них (произведениях Свиридова – Н.Н.Б.) стала ярче, рельефнее выделяться городская песенная струя. Однако композитор не расстался и с крестьянской песенностью. В 1960-е годы пристрастие композитора к этой первооснове народной русской музыки обозначилось еще определеннее. Так, был создан вокальный цикл «Курские песни», который явился вершиной творчества Свиридова тех лет и одним из шедевров советской музыки. Основой для цикла послужили народные песни Курской области, записанные группой фольклористов и изданные в конце пятидесятых годов. Результатом творческой работы композитора стало это замечательное произведение современности» (Д.Самин, 2008). Наконец, аналогичное описание истоков «Курских песен» Свиридова можно найти в книге Е.Д.Критской, Г.П.Сергеевой и Т.С.Шмагиной «Методика работы с учебниками «Музыка» (2002): «Одним из образцов обращения к народному фольклору является... хор «Ты воспой, жавороночек» из сюиты «Курские песни» Г.Свиридова. Композитор отобрал из сборника народных песен Курской области, записанных известной русской фольклористкой А.Рудневой, старинные песни, связанные с традициями крестьянского быта, и на их основе в 1964 г. сочинил «Курские песни» - кантату для смешанного хора и симфонического оркестра. Большинство песен кантаты объединены таким коренным музыкальным признаком, как древний звукоряд, придающий музыке особое звучание» (Критская и др., 2002, с.101).

**311) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский во многие свои произведения по аналогии перенес элементы джаза, чем обогатил музыкальное искусство России на рубеже 1920-1930-х годов. Ю.А.Толмачев и В.Ю.Дубок в книге «Музыкальное исполнительство и педагогика» (Тамбов, 2006) сообщают: «Ведущей фигурой в жанре песни, одним из ярчайших ее творцов стал Исаак Дунаевский, соединивший в своем творчестве песню и джаз. Это произошло на рубеже 20-30-х гг., когда И.Дунаевский, дирижер мюзик-холла, мастер легкой музыки и оперетты, начал сотрудничать с Л.Утесовым и его джаз-оркестром. За короткий срок были созданы эстрадные программы-спектакли «Джаз – на повороте» (1930), «Музыкальный магазин» (1931) и знаменитый фильм «Веселые ребята» (1934)» (Толмачев, Дубок, 2006, с.67). «В строгом смысле слова, - продолжают авторы, - И.Дунаевский никогда не был джазовым композитором, о чем он сам не раз говорил. Заслуга его состоит в том, что этот композитор раскрыл огромные возможности джаза в развитии популярной музыки. Острое композиторское чутье подсказало ему, что элементы джаза можно с успехом использовать в песне. Сплав песни и джаза проявился в музыке И.Дунаевского разнообразно – в мелодике, ритмике, гармонии. Композитор тонко, ненавязчиво вводил элементы джаза в песенную форму, динамизировал и расцветивал ее» (там же, с.67).

**312) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский (1937) написал мелодию песни «Молодежная», которая звучит в кинофильме «Волга-Волга», по аналогии с мелодией русской народной песни «По Дону гуляет...». Р.Х.Зарипов в книге «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» (1983) констатирует: «...Особенно следует отметить И.Дунаевского, который в своем творчестве весьма талантливо использовал известные мелодии (чаще – старинных бытовых романсов и народных песен) и, накладывая их на новый ритм, переплавлял в бодрые, жизнерадостные мелодии, создав, по существу, массовую песню нового стиля. (...) Из рисунка видно, что мелодия песни И.Дунаевского «Молодежная» из кинофильма «Волга-Волга» является вариацией мелодии русской народной песни «По Дону гуляет...» (Зарипов, 1983, с.98). Об этом же говорит Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (Москва, «Советский композитор», 1988): «А прообразом зажигательной «Молодежной» - подумать только! – является печальная народная песня «По Дону гуляет казак молодой» (Н.Шафер, 1988).

**313) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский написал многие песни, в том числе имеющие маршевую ритмику, по аналогии используя мелодии русских, украинских,

грузинских, еврейских, испанских и других народных песен и танцев, то есть музыкальный фольклор разных народов. Н.Шафер в электронной версии книги «Дунаевский сегодня» (Москва, «Советский композитор», 1988) пишет: «Разговор о своеобразии творчества Дунаевского немислим без напоминания о том, что характерные качества его стиля в значительной степени формировались под воздействием фольклора. Тем более, что пока по-прежнему нет специального исследования о музыкальных истоках творчества композитора, о его постоянном тяготении к русскому мелосу. А ведь на протяжении всего своего пути композитор обращался к фольклору и других народов СССР. Он был убежден, что простота и выразительность музыкального языка народной песни – это творческий ориентир для каждого композитора-песенника» (Н.Шафер, 1988). «Исследователи уже отмечали, - поясняет Н.Шафер, - что в своем творчестве Дунаевский опирался на многообразные бытующие интонации. Чудодейственным образом он преображал их, чаще всего приспособив к маршевым ритмам» (Н.Шафер, 1988). «Русский фольклор, - подчеркивает Н.Шафер, - давняя любовь Дунаевского, и образная структура многих его сочинений возникла на основе именно этой любви. «Он воскресил в советской музыке мягкий распевный мелос лирической частушки, подготовив почву для последующих исканий В.Соловьева-Седого, Б.Мокроусова» - справедливо заметил И.В.Нестьев» (Н.Шафер, 1988).

**314) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский во время работы над своей опереттой «Женихи» (1927) включил в нее мелодии бытовых русских песен. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (Москва, 1988) отмечает: «Уже в своей первой оперетте «Женихи» Дунаевский опирался на бытовые интонации русских песен. И пусть в увертюре тема «Во саду ли в огороде» возникает в забавном обрамлении из мелодий Кальмана, Легара и «Со святыми упокой» (это обусловлено стремлением автора «уведомить» публику, что ее ждет веселое пародийное представление), - однако, рассматривая структуру «Женихов» в целом, можно заметить попытки композитора весьма серьезно следовать традициям обращения к фольклору, традициям, идущим от мастеров оперной и симфонической музыки» (Н.Шафер, 1988). «Глубокое постижение фольклора, - аргументирует Н.Шафер, - вызревало в нем в период самого страстного и самозабвенного увлечения джазом. Здесь сказалась необычайная широта его творческой природы: жадно впитывая новые веяния современности, композитор в то же время остро ощущал свою неразрывную связь с музыкальной культурой прошлого» (Н.Шафер, 1988).

**315) Аналогия Исаака Дунаевского.** Знаменитая «Песня о Каховке» из кинофильма «Три товарища» (1935) была написана И.О.Дунаевским в результате заимствования и модификации мелодий старинных песен. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) пишет об истории «Песни о Каховке»: «Как известно, Дунаевский сочинил свою песню путем переплавки интонаций старинных романсов и вальсов и подчинения их маршевому ритму. Однако здесь он не был изобретателем в полном смысле этого слова. Он лишь профессионально утвердил и узаконил опыт, рожденный в народе. Вероятно, создавая «Каховку», он «оглядывался» на революционную песню «Смело мы в бой пойдем», в основу которой была положена мелодия старинного романса «Белой акации гроздь душистые» (Н.Шафер, 1988). Есть основания считать, что Дунаевский все-таки заимствовал мелодию указанной песни из еврейского фольклора. Виталий Москаленко в статье «Легенда и быль о бравом матросе» (украинский еженедельник «2000», № 15 (314), 14-20 апреля 2006 г.) отмечает: «У песен «Партизан Железняк», «Песня о Каховке» (муз. И.Дунаевского, слова М.Светлова, 1936 г.) и «Орленок» (муз. В.Белого, слова Я.Шведова, 1936 г.) схожие мелодии и манера исполнения, хотя композиторы разные. Вообще, это еврейская фольклорная мелодия – возможно, музыканты заимствовали ее неосознанно. Такое случается довольно часто» (В.Москаленко, 2006).

**316) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский в процессе сочинения музыкальной увертюры к кинофильму «Дети капитана Гранта» (1936) перенес в нее мелодические обороты

из увертюры немецкого композитора Феликса Мендельсона и из неоконченной Сонаты для альта М.И.Глинки. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) говорит: «В киномузыку, оперетты и песни Дунаевского легко и свободно влетают интонации из различных глинкинских произведений. Вряд ли стоит сомневаться, что свою знаменитую увертюру к кинофильму «Дети капитана Гранта» Дунаевский создал под влиянием мендельсоновских увертюр – об этом уже писали. Но хотелось бы добавить, что творческим импульсом для композитора, безусловно, послужила и неоконченная Соната для альта Глинки – в этом нас убеждает не просто общая романтическая «полетность» начальных тем обоих произведений, но, прежде всего, прямые ассоциации, связанные с их ритмическим и интонационным сходством. Здесь следует иметь в виду еще вот какое обстоятельство: Дунаевский сочинял музыку к фильму именно тогда, когда Соната Глинки была у всех на слуху – в 30-е годы ее заново «открыл», издал и часто исполнял альтист В.Борисовский» (Н.Шафер, 1988).

**317) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский при создании известной «Песни о Родине» (1936) ассимилировал мелодию, заимствованную из народной волжской песни «Из-за острова на стержень». Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) анализирует: «Прежде всего, обратим внимание на «Песню о Родине», чье интонационное родство с народной волжской песней «Из-за острова на стержень» не подлежит никакому сомнению. Не случайно Поль Робсон, включавший «Песню о Родине» в программу почти всех своих концертов, не отделял ее от русских народных песен...» (Н.Шафер, 1988).

**318) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский при написании песни «На рыбалке у реки», которая звучит в кинофильме «Искатели счастья» (1936) использовал еврейский народный напев. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) констатирует: «Мастерски разрабатывая народные мотивы, Дунаевский придавал им подлинно интернациональное звучание. До сих пор, например, не забыта задорная рыбацкая песня «На рыбалке у реки» из кинофильма «Искатели счастья». Она бытует как русская песня, и редко кто знает или помнит, что в ее основу Дунаевский еврейский народный напев и что в 30-е годы песня несколько раз записывалась на пластинки под названием «Еврейская комсомольская». Об этом сейчас вспоминают лишь музыковеды, пишущие о Дунаевском» (Н.Шафер, 1988). Еврейский бытовой напев лежит в основе и «Физкультурного марша» (1937) Дунаевского. Н.Шафер в той же книге: «А вот факт, не отмеченный ни одним музыковедом. Знаменитый «Физкультурный марш» Дунаевского, оказывается, тоже возник из еврейского бытового напева, весьма распространенного в начале нашего века среди детей «черты оседлости» преимущественно на территории Украины и Молдавии» (Н.Шафер, 1988).

**319) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский, сочиняя романс, который исполняется в кинофильме «Девушка спешит на свидание» (1936), использовал мелодический оборот из второй части Большого секстета для фортепиано М.И.Глинки (1832). Элементы музыки М.И.Глинки можно встретить и в других произведениях Дунаевского. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) указывает: «В пародийно-чувствительном романсе из кинофильма «Девушка спешит на свидание» мы вдруг слышим ритмически преобразованный мелодический оборот из второй части Большого секстета Глинки. А многие галопы Дунаевского, в особенности Галоп из оперетты «Сын клоуна», имеют общую прародительницу – соль-мажорную «Кавалерийскую рысь» Глинки» (Н.Шафер, 1988). Н.Шафер пишет о влиянии Глинки на творчество Дунаевского: «...Отдавая предпочтение Чайковскому, Дунаевский, тем не менее, на протяжении всего своего творческого пути испытывал влияние Глинки, неоднократно говорил о глубине его таланта и профессиональном мастерстве, о многокрасочности его палитры, высоко ценил как основоположника русской классической музыки» (Н.Шафер, 1988).

**320) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский вплел в художественную ткань своей оперетты «Золотая долина» (1937) мелодии грузинского фольклора. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) повествует: «С наименьшим интересом, хотя и не так часто, Дунаевский обращался к фольклору и других народов нашей страны. Вспомним «Золотую долину» с ее чарующим восточным многоцветьем. «Грузинская хороводная» из этой оперетты получила большое распространение еще до войны. В 50-е годы, работая над второй редакцией оперетты и стремясь «заразить» либреттистов своей музыкой, Дунаевский задумал усилить в ней грузинский колорит. С этой целью он стал консультироваться у композитора Н.В.Нариманидзе, который предоставил ему соответствующий фольклорный материал» (Н.Шафер, 1988).

**321) Аналогия Исаака Дунаевского.** В годы Великой отечественной войны И.О.Дунаевский, сочиняя песни для фронта, одновременно занимался обработкой известных украинских народных песен. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) отмечает: «Связь музыки Дунаевского с фольклором украинского народа – тема для особого исследования. Эта связь возникла не случайно. Родившись в городе Лохвице Полтавской губернии, композитор с раннего детства был пленен красочными и душевными украинскими песнями, которые он слышал не только в исполнении народных певцов, но и в исполнении своей матери, которая пела, сопровождая себя на клавикордах» (Н.Шафер, 1988). «Украинские мелодии, слышанные Дунаевским в детстве, - продолжает Н.Шафер, - с особой остротой всплывают в его памяти в годы войны, когда его родная Украина была оккупирована фашистами. Создавая новые песни для фронта, Дунаевский одновременно делает обработки для однородных и смешанных хоров известных украинских песен: «Скажи мне правду», «Жнищ», «Дивлюсь я на небо», «Добрый вечер, дивчино» и другие» (Н.Шафер, 1988). «К обработке народных мелодий, - пишет Н.Шафер, - Дунаевский относился так же серьезно, как и к сочинительству. Он тщательно изучал опыт классиков, и в первую очередь творческий метод своего любимого композитора – Чайковского. Дунаевский восхищался оперой «Черевички», в которой Чайковский не процитировал ни одной украинской мелодии, но, насытив музыкальный язык интонациями народных песен, создал классический образец народно-бытовой музыкальной драмы» (Н.Шафер, 1988).

**322) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский по аналогии перенес в свою оперетту «Вольный ветер» (1947) мелодию песни И.Ильина «Тамбурица», которую он слышал в исполнении Эдит Утесовой. Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) сообщает: «В архиве композитора сохранились многочисленные обработки американских, английских, норвежских, финских и других народных напевов. Подчас, услышав какую-нибудь мелодию, Дунаевский садился за рояль и начинал импровизировать. Сколько блестящих импровизаций на народные темы исчезли навсегда! Но кое-что и осталось. Например, в 1945 году он услышал в исполнении Эдит Утесовой песню И.Ильина «Тамбурица», основанную на хорватском напеве, и целых два года с удовольствием напевал ее и импровизировал на ее тему, пока, наконец, не использовал в финале второго акта оперетты «Вольный ветер», создав живую и темпераментную хоровую пляску «Эх, на свете лучше песен ничего нет!» Один из коронных номеров оперетты – Баркарола Стеллы и Янко – тоже, как известно, представляет собой обработку хорватской народной мелодии» (Н.Шафер, 1988).

**323) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский при написании цыганского романса «Настал свиданья час» для кинофильма «Весна» (1947) использовал мелодию старинного романса «В тихую летнюю ночь». Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) повествует: «...Хорошо известен цыганский романс «Настал свиданья час» из кинофильма «Весна». Мелодия романса, правда, неоригинальна – она заимствована Дунаевским из старинного романса «В тихую летнюю ночь», а Лебедев-Кумач написал новые стихи. Бережно сохранив

старинную мелодию, Дунаевский так ее гармонизовал, что чувствительные элементы закономерно подчинились лирической стихии» (Н.Шафер, 1988).

**324) Аналогия Исаака Дунаевского.** И.О.Дунаевский в процессе создания оперетты «Сын клоуна» (1950) перенес в нее мелодический оборот из известной русской песни на стихи А.Кольцова «Соловьем залетным». Есть в этой оперетте и фрагменты мелодии русской песни на стихи Н.Некрасова «Меж высоких хлебов». Н.Шафер в книге «Дунаевский сегодня» (1988) повествует: «О том, что композитор постоянно находился во власти русского мелоса, свидетельствует тот факт, что интонации народных песен звучат у него даже там, где, казалось бы, можно было бы меньше всего их ожидать. Так, например, мелодический оборот из известной русской песни на стихи А.Кольцова «Соловьем залетным» неожиданно вплетается в шуточный терцет «Совершенно верно» из оперетты «Сын клоуна», а финальная фраза из русской песни на стихи Н.Некрасова «Меж высоких хлебов» послужила композитору основой для создания финальной же фразы «Песни железнодорожников» («На север и запад, на юг и восток...»)» (Н.Шафер, 1988). «Если Дунаевский, - замечает Н.Шафер, - находил счастливую музыкальную тему, близкую по стилю народной, он с пристрастием «испытывал» ее, проверяя способность этой темы к различным трансформациям» (Н.Шафер, 1988).

**325) Аналогия Дариуса Мийо.** Французский композитор Д.Мийо, работая над балетом «Сотворение мира» (1923), по аналогии перенес в нее мелодии джаза. А.В.Чернышев в автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения «Джаз и музыка европейской академической традиции» (Москва, 2009), отмечая, что во времена расцвета джаза не все музыканты относились к нему с симпатией, указывает: «Но в противовес этому взгляду Д.Мийо воспринял джаз не только как быструю танцевальную музыку. Он увидел в нем способность и к «утонченному» звучанию. Поэтому в его балете «Сотворение мира» можно слышать джазовые элементы и в лирическом тематизме (например, увертюры), и в темпераментно-импозантном звучании оркестра...» (Чернышев, 2009, с.14).

**326) Аналогия Дариуса Мийо.** Д.Мийо в процессе создания балета «Бык на крыше» (1919) по аналогии вплел в ткань этого произведения танцевальные мелодии бразильского фольклора. Эти мелодии встречаются и в других его работах. Г.Т.Филенко в статье «Музыка Франции» (книга «История зарубежной музыки. Начало XX века – середина XX века», редактор – В.В.Смирнова, Санкт-Петербург, 2001) указывает: «В Бразилии рождается и частично осуществляется множество замыслов, а полученные впечатления будут еще долго питать его фантазию. Так, вскоре после возвращения в Париж Мийо пишет партитуру пантомимы-фарса «Бык на крыше» (1919), пронизанную ритмами танго, блюза, матчиша, самбо, чарльстона и португальского фадю. (...) В 1923 году появляется музыка к балету «Сотворение мира» (сценарий Б.Сандрара), в которой использована мелодия негритянской колыбельной, записанная композитором в Рио-де-Жанейро» (Филенко, 2001, с.175).

**327) Аналогия Альфреда Шнитке.** Российский композитор А.Шнитке сочинил ряд произведений благодаря тому, что по аналогии перенес в них мелодические схемы известных композиторов К.Штокхаузена, П.Булеза, А.Пуссера. А.В.Ивашкин в книге «Беседы с Альфредом Шнитке» (1994) цитирует Шнитке: «...В шестидесятые годы, особенно с 1963 по 1968 год, я занимался собственным «ликбезом». Я изучал очень много сочинений Штокхаузена, Булеза, Пуссера, пытался понять их технику, пытался «присвоить» технику, то есть все это перенять, научиться и адекватным образом мыслить. Это диктовало и определенную эстетику, которую я некоторое время принимал и пытался себя в нее втиснуть» (А.В.Ивашкин, 1994).

**328) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке во многие свои произведения включал большие по размеру цитаты из сочинений Д.Д.Шостаковича, причем в разные периоды своей жизни А.Шнитке использовал разные творения известного композитора. Д.Янов-Яновский в статье «Вариации на тему» (журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006) пишет о творчестве А.Шнитке: «Интересно, например, что такой выдающийся композитор, как Альфред Шнитке, безусловно, находившийся под огромным воздействием музыки и личности Шостаковича, в разные годы своей творческой деятельности обращался к различным пластам его музыки» (Янов-Яновский, 2006, с.39). «А в поздних сочинениях Шнитке, - раскрывает Д.Янов-Яновский, - в Альтовом концерте, в виолончельных концертах, в Шестой, Седьмой и Восьмой симфониях, в эпилоге балета «Пер Гюнт» - отчетливо прослеживается связь с поздними же сочинениями Дмитрия Дмитриевича: с Пятнадцатой симфонией, с Пятнадцатым квинтетом, с Альтовой сонатой. Любопытно также, что Шнитке, как и многие другие наиболее талантливые композиторы его поколения, «вернулись» к музыке Шостаковича, пройдя через додекафонию Шенберга...» (там же, с.40). Д.И.Шульгин в книге «Годы неизвестности Альфреда Шнитке» (Москва, 1993) цитирует Шнитке, который говорит о связях своего Первого скрипичного концерта (1957) с музыкой Шостаковича: «Эти связи есть, поскольку я именно в те годы очень интересовался Шостаковичем. Там и тема третьей части очень напоминает вторую тему из первой части его скрипичного концерта. Писалось все это в 56-57 годах. Только что были сыграны многие из его давно не исполнявшихся произведений (скрипичный концерт, 10 симфония), и все это очень повлияло на меня в тот период» (Д.И.Шульгин, 1993). Далее Д.И.Шульгин приводит следующие слова Шнитке: «...Как бы человек ни старался казаться оригинальным, все равно ему это не удастся, все равно он впишется в какую-нибудь традицию, обнаружит какую-нибудь преемственность, так зачем ему об этом думать» (Д.И.Шульгин, 1993).

**329) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке ввел песенный фольклор в ряд своих известных произведений: «Гимны» для камерно-инструментального ансамбля (1974-1979), Первая скрипичная соната (1955). Д.И.Шульгин в книге «Годы неизвестности Альфреда Шнитке» (Москва, 1993) приводит слова А.Шнитке: «Недавно я ввел славянский церковный гимн в один из своих «Гимнов», а в третьем из них сделал стилизацию под нормы многоголосия знаменного распева. Кроме названных сочинений, можно связать фольклорные традиции и с темой «барыни» в Первой скрипичной сонате, где, однако, эта мелодия «прилажена» к серийно-додекафонной технике и обусловлена в своем появлении драматургическим контрастом» (Д.И.Шульгин, 1993).

**330) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке в процессе работы на своей Второй сонатой для скрипки и фортепиано (1968) по аналогии перенес в нее фрагменты финала Третьей симфонии Бетховена, называемой «Героической» (1804), а также фортепианных вариаций Бетховена. Михаил Мейлах в статье «Я начал как бы второй круг...» (издание «Acta Slavica», 2007, том 24, с.221-228) пишет: «Отличительной чертой музыки Шнитке, что, впрочем, характерно для целого ряда направлений искусства XX века, является цитатность – включение музыкального материала других композиторов (техника «коллажа», цитирования «чужого слова»), предшественников и современников (например, тема ВАСН, фрагменты финала Третьей симфонии Бетховена и его же фортепианных вариаций – во Второй сонате для скрипки и фортепиано, а стилистические намеки, пронизывающие Третью симфонию Шнитке, сочинявшуюся к открытию Лейпцигского концертного зала Гевендхауз, служат своего рода путеводителем по всей истории австро-немецкой музыки)» (Мейлах, 2007, с.222). Кроме того, музыковеды находят во Второй скрипичной сонате Шнитке фрагменты музыки И.С.Баха, Г.Малера, И.Дунаевского. Яков Коваленский в статье «Шум времени, услышанный Альфредом Шнитке» (журнал «Алеф», № 933, май 2004 г.) пишет: «На вечере звучала камерная музыка Шнитке. Скрипач Олег Крыса и пианист Владимир Фельцман, живущие сейчас в США, играли Скрипичную сонату № 2, написанную в 1968 году. Это произведение

знаменовало начало нового, «полистилистического» периода в творчестве Шнитке: намеренное сочетание в одном произведении несовместимых звуковых элементов – очень жесткое звучание рояля, огромные паузы и частое цитирование музыки различных композиторов: Баха, Малера и др., а также аллюзии, например, на марш И.Дунаевского из Первой симфонии» (Я.Коваленский, 2004).

**331) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке во время создания Третьего струнного квартета (1983) использовал музыку фламандского композитора Орландо Лассо (1532-1594), немецкого композитора Л.Бетховена и русского композитора Д.Д.Шостаковича. Михаил Мейлах в статье «Я начал как бы второй круг...» (издание «Acta Slavica», 2007, том 24, с.221-228) приводит слова самого Шнитке о своем Третьем квартете: «Он весь построен на трех цитатах-источниках: цитата из Лассо, цитата из Бетховена и «монограмма» Шостаковича – действительно, все сочинение в большой мере строится на цитировании этих авторов или, опять же, на псевдоцитировании» (Мейлах, 2007, с.225).

**332) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке, работая над произведением «Concerto grosso № 1» (1977), по аналогии перенес в него мелодию ресторанный танго, взятую из своей же музыки, написанной в 1974 году к кинофильму Э.Климова «Агония». В.Холопова в книге «Композитор Альфред Шнитке» (Москва, 2003) пишет о произведении Шнитке «Concerto grosso № 1»: «При первом исполнении на публику, уже достаточно хорошо изучившую новый метод Шнитке, вдруг обрушилось что-то развязно-неприличное, заставившее чуть ли не заткнуть уши. Зазвучало типичное ресторанный танго, со всеми пошлыми оборотами в мелодии и типичными синкопами в аккомпанементе. Танго было заимствовано из кинофильма Э.Климова «Агония» - из того эпизода, когда Распутин учиняет скандал в высшем обществе, пытаясь насильно увести чужую жену» (Холопова, 2003, с.129). В другом месте той же книги В.Холопова вновь возвращается к этой аналогии Шнитке: «Ну а Шнитке, как мы знаем, в 1974-м использовал танго в фильме «Агония», после чего сделал «врезку» этой же музыки в Concerto grosso № 1, а в 1979-м написал еще «Полифоническое танго» для ансамбля как часть коллективной работы» (там же, с.180).

**333) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке в ткань своей Второй симфонии (1979) вплел мелодии григорианских песнопений, а в Третьей симфонии (1981) использовал мелодии австро-немецкой музыки разных эпох, начиная от Средневековья и кончая нынешним днем. Д.Самин в книге «100 великих композиторов» (2008) пишет о Шнитке: «Во второй симфонии к сложной оркестровой ткани он добавил контрастный план в виде подлинных одноголосных григорианских песнопений – под куполом современной симфонии зазвучала древнейшая месса. В третьей симфонии, написанной к открытию нового концертного зала Гевендхауз (Лейпциг), в виде стилистических намеков дана история немецкой (австро-немецкой) музыки от Средневековья до нынешнего дня, использовано более 30-ти монограмм композиторов» (Д.Самин, 2008).

**334) Аналогия Альфреда Шнитке.** Замечательное произведение А.Шнитке «Эскизы» (1985) появилось на свет благодаря тому, что в один опус были перенесены и определенным образом синтезированы фрагменты музыки Шнитке к спектаклю «Ревизская сказка» Ю.Любимова, русские бытовые напевы, украинская песня «Поют петухи» и еврейские мелодии. Яков Коваленский в статье «Шум времени, услышанный Альфредом Шнитке» (журнал «Алеф», № 933, май 2004 г.) повествует об «Эскизах»: «Это одноактный балет, музыка которого скомпонована самим композитором и дирижером Геннадием Рождественским для постановки в Большом театре в 1985 году. В его основу положена музыка к спектаклю Юрия Любимова в Театре на Таганке «Ревизская сказка» по мотивам произведений Гоголя. Она полна остроумия, гротеска, легкости, в ней использованы русские бытовые напевы, украинская

песня «Поют петухи» и еврейские мотивы, напоминающие музыку клезмеров» (Я.Коваленский, 2004).

**335) Аналогия Альфреда Шнитке.** А.Шнитке в свой Альтовый концерт (1985), как и в другие свои творения, включил отрывки музыки выдающихся музыкантов прошлого. Юрий Башмет в книге «Вокзал мечты» (Москва, «Вагриус», 2003) пишет: «Всю жизнь Шнитке разрушал границы жанров, свободно впуская в свои сочинения квазицитаты из сочинений великих предшественников, и потому местопребывание его последних лет не стоит объяснять желанием вырваться за государственные границы... Шнитке их не чувствовал даже тогда, когда был невыездным. Любой музыкальный стиль от Моцарта до техно и от церковного пения до поп-музыки – был для него просто звучащим черепком. Из их нагромождения, из кажущегося музыкального хаоса Шнитке умел создавать истории – одна из самых характерных выписана нотами в его альтовом концерте» (Ю.Башмет, 2003).

### Список литературы

1. Аллахвердов В.М. Методологическое путешествие по океану бессознательного. – СПб., издательство «Речь», 2003.
2. Альшванг А.А. П.И.Чайковский. – М., «Музыка», 1970.
3. Андроников И. Избранное в двух томах. Том 2. – М., Художественная литература, 1975.
4. Арбатский Ю. Этюды по истории русской музыки. - Нью-Йорк, издательство им.А.П.Чехова, 1956.
5. Ардов М. Книга о Шостаковиче // журнал «Новый мир», 2002, № 6.
6. Асафьев Ю. Русская музыка. – Ленинград, «Музыка», 1968.
7. Баев Д.Г. Вариант вспомогательного международного языка (аксиом-вариант) // книга «Проблемы интерлингвистики», Москва, «Наука», 1976.
8. Барабанов Н. Музыка должна быть прекрасной... // газета «Искусство», 2006, № 8.
9. Барабанов Н. Бела Барток // газета «Искусство», 2007, № 20.
10. Барна И. Если бы Гендель вел дневник... - Будапешт, «Корвина», 1972.
11. Барсова И. Густав Малер. Личность, мировоззрение, творчество // книга «Густав Малер. Письма. Воспоминания», Москва, «Музыка», 1964.
12. Барсова И. Симфонии Густава Малера. – М., «Советский композитор», 1975.
13. Баттерворт Н. Гайдн. – Челябинск, «Урал LTD», 1999.
14. Башмет Ю. Вокзал мечты. – М., «Вагриус», 2003.
15. Белецкий И. Антонио Вивальди. – Ленинград, «Музыка», 1975.
16. Белоусов А. Юбилей в блюзовых тонах // газета «Зеркало недели», № 40 (209), 3-9 октября 1998 г.
17. Бендицкий А.С. О Пятой симфонии Шостаковича. - Нижний Новгород, Нижегородская государственная консерватория им.М.И.Глинки, 2000.
18. Бизе позаимствовал «Хабанеру» у композитора Ирадиера?» // электронный сайт РИА «Новости», 03.07.2003 г.
19. Бобровский В. Шостакович в моей жизни. Личные заметки // журнал «Советская музыка», № 9, 1991.
20. Болеславский Л. Гармония и грезы Роберта Шумана // сайт «Христианский творческий союз», 2004.
21. Бонфельд М.Ш. Уроки великого маэстро // журнал «Музыкальная академия», № 4, 1997.
22. Бочаров Ю.С. Двухчастная соната: век восемнадцатый // журнал «Старинная музыка», №№ 2-3 (20-21), 2003.
23. Бочаров Ю.С. Забытый классик XVIII века // журнал «Старинная музыка», 1999, № 1.

24. Бочкарев Л.Л. Психология музыкальной деятельности. – М., Институт психологии РАН, 1997.
25. Браудо Е.М. Всеобщая история музыки. – М., «Музыкальный сектор», 1930.
26. Брион М. Моцарт. – М., «Молодая гвардия», 2007.
27. Бронфин Е. Клаудио Монтеверди. – Ленинград, «Музыка», 1970.
28. Брэдбери Р. И снова легато // сборник «В мгновение ока», Москва, «Эксмо», 2004.
29. Бэлза И. Фридерик Шопен. – М., «Музыка», 1991.
30. Вагнер Л., Григорович Н. Повесть о художнике Айвазовском. – Москва, 1958.
31. Вагнер Р. Опера и драма // Вагнер Р., Избранные работы, Москва, «Искусство», 1978.
32. Васина-Гроссман В.А. Романтическая песня XIX века. – М., «Музыка», 1966.
33. Вейс Д. Убийство Моцарта. – Киев, «Музычна Украина», 1989.
34. Векслер И. Еврейское мышление Густава Малера // журнал «Лехаим», № 4 (180), апрель 2007 г.
35. Векслер И. Малер и Достоевский // альманах «Заметки по еврейской истории», № 17 (120), октябрь 2009 г.
36. Виноградов А.К. Осуждение Паганини. - Минск, «Мастацкая литература», 1983.
37. Висков А. Наследник Апостола Иоанна // журнал «Наш современник», № 6, 2004.
38. Вишневецкий И. Сергей Прокофьев, документальное повествование в трех книгах // журнал «Топос», 2008.
39. Владимирова О.А. Формирование творческого метода в ранних симфониях А.К.Глазунова // диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения, Москва, 2004.
40. Волков С. История культуры Санкт-Петербурга с основания до наших дней. – М., «Независимая газета», 2001.
41. Волков С. Страсти по Чайковскому. – М., «Независимая газета», 2001.
42. Волков С. 1960: роковой год в жизни Шостаковича // журнал «Чайка», № 22 (33) от 19 ноября 2004 г.
43. Волков С. Сталин и Шостакович // журнал «Знамя», 2004, № 8.
44. Волков С. Шостакович и Сталин: художник и царь. – М., Эксмо, 2004.
45. Волынский Э.И. Джордж Гершвин. – Ленинград, «Музыка», 1988.
46. Гаврилин В. Об оркестровке Д.Д.Шостаковича // журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006.
47. Галацкая В. Музыкальная литература зарубежных стран. – М., «Музыка», 1978.
48. Галь Г. Брамс, Вагнер, Верди. - Ростов-на-Дону, «Феникс», 1998.
49. Генделева Ю. Европа и Азия: встреча в одной программе // газета «Петрозаводский университет», № 16 от 30 апреля 1999 г.
50. Гиляров А.М. Мир барокко: музыка и экология // журнал «Природа», 2006, № 7.
51. Глинка М.И. Литературное наследие в 2-х томах. Том 1. - Ленинград-Москва, «Музгиз», 1952-1953.
52. Гнилов Б.Г. Великий русский национально-культурный приоритет (фортепианно-оркестровая композиция) // журнал «Коммунист», 2006, № 2.
53. Гнилов Б.Г. Музыкально-социологический анализ классико-романтического фортепианного концерта // журнал «Социологические исследования», 2006, № 6, с.90-98.
54. Голубков С. Фольклор в российской музыке XX века: от Рахманинова до наших дней // журнал «Музыкант-Классик», 2004, №№ 1-2.
55. Горбатов Д. Еще раз о величии Баха // альманах «Лебедь», № 410, 23 января 2005 г.
56. Горбачева А. Любовь после развода // «Независимая газета», 29.06.2001 г.
57. Горбачева Е.Г. Популярная история музыки. – М., «Вече», 2002.
58. Градова Л. Универсальный язык человеческого сердца // газета «Молодежь Эстонии», 22.11.2007 г.
59. Грум-Гржимайло Т. Слава и Галина: симфония жизни. – М., «Вагриус», 2007.
60. Данузер Г. Малер сегодня – в поле напряжения между модернизмом и постмодернизмом // журнал «Музыкальная академия», 1994, № 1.

61. Демченко А.И. Ференц Лист: вехи эволюции // сборник «Ференц Лист и проблемы синтеза искусств», составитель – Г.И.Ганзбург, Харьков, РА-Каравелла, 2002.
62. Дудаков С.Ю. Этюды любви и ненависти. – М., РГГУ, 2003.
- Д.Шостакович. Статьи и материалы. – М., «Советский композитор», 1976.
63. Егорин А.З. Египет нашего времени. – М., Институт востоковедения РАН, 1998.
64. Егорин А.З. Дорогой Гречения и Зосимы // журнал «Родина», 2008, № 5.
65. Егорова В. Симфонические поэмы Дворжака на сюжеты баллад Эрбена // сборник статей «Антонин Дворжак», Москва, «Музыка», 1967.
66. Елоев Т. Гордость земли Смоленской // газета «Московская перспектива», № 43 от 25 октября 2005 г.
67. Жаркова О.С. Густав Малер и Сергей Слонимский: ассоциативность мышления // межвузовский сборник научных трудов «Психология искусства: образование и культура», Самара, СГПУ, 2002.
68. Жданов Ю.А. Социокультурное единство // Жданов Ю.А., «Избранное», том 2, Ростов-на-Дону, 2001.
69. Жерар М., Шалю Р. Равель в зеркале своих писем. 1998.
70. Зарипов Р.Х. Творчество и кибернетика. Моделирование в музыке // книга «Кибернетика. Современное состояние», Москва, «Наука», 1980.
71. Зарипов Р.Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса. – М., Наука, 1983.
72. Зейфас Н. Concerto grosso в творчестве Генделя. – М., «Музыка», 1980.
73. Зетель И. Н.К.Метнер – пианист. – М., «Музыка», 1981.
74. Ивашкин А.В. Беседы с Альфредом Шнитке. – М., РИК «Культура», 1994.
75. Игумен Илларион (Алфеев). В каждой музыке - Бах // «Независимая газета», 25.04.2001 г.
76. Ильин М. Бородин // Ильин М., «Избранные произведения» в 3-х томах, Москва, 1962.
77. И.Ф.Стравинский: статьи и материалы. Редактор – Б.М.Ярустовский, Москва, «Советский композитор», 1973.
78. Кабалевский Д.Б. Про трех китов и про многое другое. – Москва, 1976.
79. Кадулин В. Три сенсации Майкапара // газета «Трибуна», 15 января 2001 г.
80. Кандинский Б. О духовном в искусстве. – М., «Архимед», 1992.
81. Кенигсберг А. Людвиг ван Бетховен. - Ленинград, «Музыка», 1970.
82. Керн А. Воспоминания о Пушкине. – М., «Советская Россия», 1987.
83. Киселев П.Б. Хоровое творчество Хиндемита // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения, Москва, 2009.
84. Кириллина Л.В. Пасынок истории // журнал «Музыкальная академия», № 3, 2000.
85. Кириллина Л.В. «Schone Minka» и ее сестры // сборник «Бортнянский и его время», материалы международной конференции, Москва, 2003, с.191-205.
86. Кириллова С. Петр Ильич Чайковский // газета «Искусство», № 08 (416), 16-30 апреля 2009 г.
87. Кириллова С. Лебединое озеро // газета «Искусство», № 08 (416), 16-30 апреля 2009 г.
88. Клейкова О.В. Маленькая повесть о большом композиторе, или Джоаккино Россини. – М., «Музыка», 1990.
89. Ковалева Л. Его обнаружили в «Севильском цирюльнике» // газета «Молодежь Эстонии», 06.08.2007 г.
90. Ковалев К. Бортнянский. – М., «Русское слово», 1998.
91. Коваленский Я. Шум времени, услышанный Альфредом Шнитке // журнал «Алеф», № 933, май 2004 г.
92. Коллингвуд Р. Принципы искусства. – М., «Языки русской культуры», 1999.
93. Копица М. Что нового мы узнали о «Тарасе Бульбе» и казаке, ехавшем за Дунай // газета «Зеркало недели», № 46 (319), 25 ноября – 1 декабря 2000 г.
94. Корзухин И.А. Н.Римский-Корсаков и Рихард Вагнер. - Берлин, типография «О.Штольберг и К», 1910.

95. Корти М. Моцарт и Сальери Requiem // журнал «Знание-сила», 1998, №№ 11-12.
96. Корти М. Зависть // журнал «Знание-сила», № 1, 1999.
97. Корти М. Сальери и Моцарт. – СПб., «Композитор», 2005.
98. Кремнев Б. Бетховен. – М., Молодая гвардия, 1961.
99. Кремнев Б. Шуберт. – М., Молодая гвардия, 1964.
100. Кривицкая Е. Апофеоз Корелли // журнал «Старинная музыка», № 1 (15), 2002.
101. Критская А.Д., Сергеева Г.А., Шмагина Т.С. Методика работы с учебниками «Музыка». – М., Просвещение, 2002.
102. Кроо Д. Если бы Шуман вел дневник. - Будапешт, «Корвина», 1966.
103. Крымский С. На протяжении веков Украина всегда была неотъемлемой частью Европы // украинская газета «День», № 59 от 2 апреля 2004 г.
104. Кузнецов К., Ямпольский И. Арканджело Корелли. – М., Государственное музыкальное издательство, 1953.
105. Кундера М. Нарушенные завещания. - СПб., «Азбука-Классика», 2006.
106. Кунин И. Римский-Корсаков. – М., Молодая гвардия, 1964.
107. Курапова Д., Ярг Т. Музыкальный романтизм 19 века. - Таллин, 2008.
108. Кушнер Б. В защиту Антонио Сальери // журнал «Вестник», № 18 (225) от 31 августа 1999 г.
109. Кушнер Б. Рекомендательное письмо // журнал «Вестник», № 10 (247) от 12 мая 2004 г.
110. Лайнсдорф Э. В защиту композитора. – М., «Музыка», 1988.
111. Лернер Л. Я помню чудное мгновенье // журнал «Чайка», № 18 (29) от 24 сентября 2004 г.
112. Ливанова Т. История западноевропейской музыки до 1789 года. Том 1. – М., «Музыка», 1983.
113. Ливанова Т.Н. Музыкальная драматургия И.С.Баха и ее исторические связи. Том 2. – М., 1980.
114. Ловцкий Г.Л. Музыка и диалектика: о творчестве А.Н.Скрябина // журнал «Современные записки», 1920, книга II, с.124-140.
115. Ловцкий Г. Н.А.Римский-Корсаков. Источники его творчества // журнал «Современные записки», 1921, книга VI.
116. Ломброзо Ч. Гениальность и помешательство. - Минск, «Поппури», 2000.
117. Мазель Л. К спорам о Шостаковиче // журнал «Советская музыка», 1991, № 5.
118. Майбурд Е. Гений и злодейство. Евреи для Вагнера. Вагнер для евреев // альманах «Еврейская старина», № 5 (58), сентябрь-октябрь 2008 г.
119. Майкапар А. Музыкальная интерпретация: проблемы психологии, этики и эстетики // журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 2, 2000.
120. Майкапар А. Бетховен, Паизиелло и... русская песня // газета «Искусство», № 9 (225), май 2001.
121. Майкапар А. Композиторы, испытавшие влияние Баха // газета «Искусство», № 16 (376), 16-31 августа 2007 г.
122. Майкапар А. Музыкальные жанры. Увертюра // газета «Искусство», № 06 (414), 16-31 марта 2009 г.
123. Мейер К. Шостакович. Жизнь. Творчество. Время. – СПб., «Композитор», 1998.
124. Мейлах М. Я начал как бы второй круг... // издание «Acta Slavica», 2007, том 24, с.221-228.
125. Миллер Я. Шеренга великих композиторов. - Варшава, 1975.
126. Мильштейн Н. Рахманинов, каким я его знал // журнал «Знамя», 1998, № 11.
127. Мильштейн Я. Франсуа Куперен. Его время, творчество, трактат «Искусство игры на клавишине» // книга Ф.Куперена «Искусство игры на клавишине», Москва, «Музыка», 1973.
128. Моисеев Г.А. Камерные ансамбли П.И.Чайковского // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения, Москва, 2006.

129. Мокроусов А. Странная жизнь Д.Шостаковича // альманах «Лебедь», № 383, 11 июля 2004 г.
130. Морозов Д. За что Вагнер не любил Мендельсона? // газета «Культура», № 37 (7598), 20-26 сентября 2007 г.
131. Морозов С. Иоганн Себастьян Бах. – М., «Молодая гвардия», 1975.
132. Москаленко В. Легенда и быль о бравом матросе // украинский еженедельник «2000», № 15 (314), 14-20 апреля 2006 г.
133. Мурьянов М.Ф. Пушкин и Германия. – М., ИМЛИ РАН, 1999.
134. Мусиенко Н. Новоспасское – рай земной // газета «Правда», 25.05.2009 г.
135. Муха А.И. Музыканты смеются. - Киев, «Музычна Украина», 1972.
136. Наборщикова С. За ведущую роль музыки в музыкальном театре! // журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006.
137. Нагибина Н.Л. Психологические типы личности: влияние на музыкальную деятельность и обучение музыке // диссертация на соискание ученой степени доктора психологических наук, Москва, 2002.
138. Недолубова А. Музыкальная культура Германии и Австрии рубежа XIX-XX веков. - Киев, «Музычна Украина», 1990.
139. Нехамкин Э. Эйнштейн музыки // журнал «Вестник», № 16 (249) от 1 августа 2000 г.
140. Овчинников И. В поисках утерянного драйва // «Независимая газета», 14.04.2003 г.
141. Овчинников И. Камерная музыка улицы // газета «Время новостей», № 106, 19 июня 2009 г.
142. Олийнык Л. Фантастический мир Гектора Берлиоза // газета «Зеркало недели», № 19 (444), 24-30 мая 2003 г.
143. Онорати Ф. Чайковский в Италии // журнал «Меценат и Мир», 2007.
144. Оржеховская Ф.М. Пять портретов. – Москва, 1971.
145. Оржеховская Ф.М. Шопен. – М., «Армада», 1997.
146. Пименова Р. Колорит Испании // газета «География», 2001, № 18.
147. Плотникова Н.Ю. Духовная музыка Н.А.Римского-Корсакова // книга «Римский-Корсаков Н. Собрание духовно-музыкальных сочинений: для смешанного хора без сопровождения», Москва, 2001.
148. Полянская И. Прохождение тени. – М., «Вагриус», 1999.
149. Полянская И. Прохождение тени // журнал «Новый мир», 1997, № 1.
150. Попова Т. Мусоргский. – М., «Музыка», 1967.
151. Преловская Е. Что принес нам западный ветер // архангельская газета «Правда Севера», № 103 от 5 июня 2002 г.
152. Прищепенко В.Н. Русский музыкальный гений // газета «Дуэль», № 25 (373) от 22 июня 2004 г.
153. Прокофьев С.С. Сочинять – значит слагать, выдумывать // журнал «Советская музыка», 1991, № 4.
154. Проскурина И.Ю. Петербургский музыкальный стиль: А.Глазунов глазами Л.Сабанеева // «Вестник РАМ имени Гнесиных», 2007, выпуск 2.
155. Рабей В. Георг Филипп Телеман. – М., «Музыка», 1974.
156. Радиге А. Французские музыканты эпохи Великой французской революции. – М., Государственное музыкальное издательство, 1934.
157. Райс М. Арнольд Шенберг – певец непокорной мысли // сайт «Музыканты о классической музыке и джазе», 2005.
158. Рахманинов С.В. Связь музыки с народным творчеством // Рахманинов С.В. Письма, Москва, 1955.
159. Редепеннинг Д. Музыкальный город Петербург. Размышления о диалоге культур // журнал «Неприкосновенный запас», 2003, № 4.
160. Редепеннинг Д. Музыка против войны и насилия // журнал «Неприкосновенный запас», 2005, №№ 2-3 (40-41).

161. Рерих Н.К. Сантана // журнал «Грани эпохи», 2001, № 7.
162. Рогожникова В.С. Моцарт в зеркале времени: текст в тексте // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения, Москва, 2008.
163. Розен Ч. Любите ли вы Брамса? // журнал «Интеллектуальный форум», выпуск 10, 2002.
164. Роллан Р. Автобиография одной забытой знаменитости // книга «Музыкальное путешествие в страну прошлого», собрание сочинений, том 17, Ленинград, 1935.
165. Роллан Р. Портрет Генделя // собрание сочинений Р.Роллана «Музыкально-историческое наследие», том 3, Москва, «Музыка», 1988.
166. Романовская С. Норвежский композитор // журнал «Крылья», 2008, № 10.
167. Рубанова Н. Три концерта одного времени года // журнал «Октябрь», 2006, № 5.
168. Рубенчик Я. Без мелодии не может быть музыки // альманах «Лебедь», № 305 от 5 января 2003 г.
169. Рубин М. Густав Малер – композитор-гуманист // журнал «Советская музыка», 1958, № 7, с.69-78.
170. Рублов Б. Рождение вокальных шедевров // альманах «Заметки по еврейской истории», № 13 (116), август 2009 г.
171. Рубцова В.В. А.Н.Скрябин. – М., «Музыка», 1989.
172. Сабанеев Л.Л. Воспоминания о Скрябине. – М., «Классика-XXI», 2000.
173. Сабанеев Л.Л. Воспоминания о России. – М., «Классика - XXI», 2005.
174. Сабина М. Мусоргский и Прокофьев // журнал «Советская музыка», 1991, № 4.
175. Савенко С. К вопросу о единстве стиля Стравинского // книга «И.Ф.Стравинский. Статьи и материалы», под редакцией Б.Ярустовского, Москва, «Советский композитор», 1973.
176. Саенко Н. Музыканты тоже дерутся. На дуэлях // украинская газета «Вечерние вести», 25.08.2009 г.
177. Сайфуллина М.В. Отражение восточной ментальности в мировой музыкальной культуре // «Вестник ТГПУ», 2004, выпуск 2 (39), серия: гуманитарные науки.
178. Самин Д. 100 великих композиторов. – М., «Вече», 2008.
179. Санин А. Галина Уствольская: слово сказано // журнал «Советская музыка», 1990, № 10.
180. Свиридов Г. У музыки в России – особая судьба // газета «День литературы», № 26 (239) от 01.07.1998 г.
181. Свиридов Г. Из записных книжек // сайт «Русское Воскресение».
182. Селянинова Т. История рода Кантемир // сайт «Гелиополис – город Солнца», 25.01.2005 г.
183. Селиванова С.И. Русский фольклор: основные жанры и персонажи. – М., «Логос», 2008.
184. Семенова Ю. Путешествие из Кишинева в Стамбул // республиканская газета «Независимая Молдова», № 74 от 28.08.2009 г.
185. Сердюк А.В. Уманец О.В. Пути развития украинского и зарубежного музыкального искусства. - Харьков, «Основа», 2001.
186. Серов А.Н. Русалка. Опера А.С.Даргомыжского. – М., государственное музыкальное издательство, 1953.
187. Сигитов С. Ладовая система Белы Бартока позднего периода творчества // сборник статей «Проблемы лада», Москва, 1972.
188. Скабичевский А.М. Александр Грибоедов. Его жизнь и литературная деятельность. - Санкт-Петербург, типография П.П.Сойкина, 1893.
189. Слонимский С. Балакирев-педагог // журнал «Советская музыка», 1990, № 3.
190. Смирнов-Сокольский Н.П. Сорок пять лет на эстраде. – М., «Искусство», 1976.
191. Соколов И. По направлению к альтовой сонате // журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006.
192. Соллертинский И.И. Густав Малер. – Ленинград, Музгиз, 1932.
193. Соллертинский И.И. Джакомо Мейербер. - Ленинград, «Ленинградская филармония», 1936.
194. Соллертинский И.И. Берлиоз. – Москва, «Музыкальное издательство», 1962.

195. Стогний И. Жанровый аспект музыкального произведения в аналитической иерархии // сборник «Музыкальное образование в контексте культуры: вопросы теории, истории и методологии», Москва, РАМ им. Гнесиных, 2008.
196. Ступина Т.А. Эпохи. Россия, которую я люблю. - Сан-Франциско, 1994.
197. Сэмпсон Д. Бах и Шекспир // журнал «Человек», № 2, 2000.
198. Таирова Ф. Фауст в музыке. - Баку, 2008.
199. Тараканов Б. Георг Фредерик Гендель. Ода на день Св. Цецилии // сайт «Архив музыкальных обзоров», 1998.
200. Тараканов Б. Сергей Прокофьев – опера «Война и мир // сайт «Архив музыкальных обзоров», 1998.
201. Тараканов М.Е. Замысел композитора и пути его воплощения // сборник статей «Психология процессов художественного творчества», Ленинград, Наука, 1980.
202. Творческие портреты композиторов. Популярный справочник. – М., «Музыка», 1990.
203. Тетельбаум М. Композитор-романтик XIX века // журнал «Слово», 2009, № 63.
204. Теодор-Валенси. Берлиоз. – М., Молодая гвардия, 1969.
205. Тибальди-Къеза М. Паганини. – М., Молодая гвардия, 2008.
206. Толмачев Ю.А., Дубок В.Ю. Музыкальное исполнительство и педагогика. - Тамбов, ТГТУ, 2006.
207. Трифонов А. Эстонский дирижер добавил Бетховену скорости // периодическое издание «Газета», 14.07.2009 г.
208. Тулунский Л. Гениальная мелодия // сайт «Проза ру», 2005.
209. Уваров М., Ясаков О. Смерть и погребение в музыке // философский альманах «Фигуры Танатоса», СПб., 2001, выпуск 6.
210. Усачева В.О., Школяр Л.В., Школяр В.А. Музыкальное искусство. – М., «Вентана-Граф», 2005.
211. Успенский В.В. Глинка. - Ленинград, Молодая гвардия, 1950.
212. Уэстреп Д. Перселл. - Ленинград, «Музыка», 1980.
213. Филенко Г. Морис Равель и его письма // книга М.Жерара и Р.Шалю «Равель в зеркале своих писем», Ленинград, «Музыка», 1998.
214. Филенко Г. Музыка Франции // книга «История зарубежной музыки. Начало XX века – середина XX века», редактор – В.В.Смирнова, Санкт-Петербург, 2001.
215. Фишман Н. Ни одного дня без строчки // журнал «Наука и жизнь», 1970, № 5.
216. Фишман Н. Этюды и очерки по бетховениане. – М., «Музыка», 1982.
217. Форкель И. О жизни, искусстве и произведениях Иоганна Себастьяна Баха. – М., издательство «Музыка», 1987.
218. Хабанера меняет автора // газета «Коммерсант», № 115 (2718) от 04.07.2003 г.
219. Халабузарь П. Вы можете напеть мелодию Глинки? // газета «Культура», № 3 (7114), 29 января-4 февраля 1998 г.
220. Хаммершлаг Я. Если бы Бах вел дневник... - Будапешт, «Корвина», 1963.
221. Хан Хазрат Инайят. Мистицизм звука. – М., «Сфера», 1997.
222. Ханкиш Я. Если бы Лист вел дневник... - Будапешт, «Корвина», 1963.
223. Хаупа Д. Черкесские мотивы в русской профессиональной музыке // «Газета Юга», № 23 (536) от 3 июня 2004 г.
224. Хашхожева Р. Народная музыка Кабардино-Балкарии и русские композиторы // журнал «Литературная Кабардино-Балкария», 2008, № 6.
225. Хейфец И. Еврейские мотивы в русской музыке // журнал «Лехаим», № 7 (183), июль 2007 г.
226. Хечинюв Ю. Превратности столичной жизни // журнал «Наука и жизнь», 2003, № 10.
227. Хитрик И. Лирический дневник Шопена. – М., «Третья волна», 2001.
228. Холопова В. Композитор Альфред Шнитке. – М., «Аркаим», 2003.
229. Цвиич К. Похищение Центральной Европы // журнал «Вестник», № 23 (177), 24 октября 1997 г.

230. Цявловский М.А. Статьи о Пушкине. – М., издательство АН СССР, 1962.
231. Чайковская Е. Юбилейный год имени Дмитрия Кантемира // молдавская газета «Русское слово», № 10 от 15.06.2007 г.
232. Чайковский П.И. Переписка с Н.Ф.фон Мекк в 3-х томах. Том 1. - Москва-Ленинград, издательство «Академия», 1934-1936.
233. Чередниченко Т.В. Музыка в истории культуры. Том 2. - Долгопрудный, «Аллегро-Пресс», 1994.
234. Чередниченко Т.В. Русская музыка и геополитика // журнал «Новый мир», 1995, № 6.
235. Чернышев А.В. Джаз и музыка европейской академической традиции // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата искусствоведения, Москва, 2009.
236. Чичерин Г. Моцарт.- Ленинград, «Музыка», 1971.
237. Шаар Л. Слишком великий человек // журнал «Заметки по еврейской истории», № 18 (121), ноябрь 2009 г.
238. Шаар Л. Письма о Вагнере // газета «Дуэль», № 51 (549) от 18 декабря 2007 г.
239. Шаар Л. Письма о Вагнере // альманах «Заметки по еврейской истории», № 6 (78), март 2007 г.
240. Шапиро М. 100 великих евреев. – М., Вече, 2004.
241. Шафер Н. Дунаевский сегодня. – М., «Советский композитор», 1988.
242. Шац-Анин М. Темпорализм. Опыт философии еврейской культуры // альманах «Еврейская старина», № 4 (28), апрель 2005 г.
243. Швейцер А. Иоганн Себастьян Бах. – М., «Музыка», 1965.
244. Шостакович Д.Д. Предисловие к премьере // газета «Правда», 25 апреля 1969 г.
245. Шульгин Д.И. Годы неизвестности Альфреда Шнитке. - Москва, «Деловая лига», 1993.
246. Эррио Э. Жизнь Бетховена. - М., «Музыка», 1968.
247. Эфендиев Ф.С. Этнокультура и национальное самосознание. - Нальчик, издательский центр «Эль-Фа», 1999.
248. Юзефович В. Парижский триптих Сергея Кусевицкого // альманах «Заметки по еврейской истории», № 2 (105), январь 2009 г.
249. Юхвидин П.А. Трижды лишенный родины // сайт «Заграница», 02.06.2007 г.
250. Юхвидин П.А. Два Атланта // сайт «Заграница», 2008.
251. Юхвидин П. Пятнадцать лет прощания // сайт «Заграница», 28.09.2008 г.
252. Яворский Б. Сюиты Баха для клавира. – М., «Классика-XXI», 2006.
253. Язькова А. Кавказ и Россия // журнал «Вестник Европы», 2004, № 11.
254. Янов-Яновский Д. Вариации на тему // журнал «Музыкальная академия», № 3, 2006.
255. Яссер И.С. Искусство Николая Метнера // книга «Н.К.Метнер. Статьи, материалы, воспоминания», Москва, «Советский композитор», 1981.
256. Яссер И.С. Мое общение с Рахманиновым // книга «Воспоминания о Рахманинове», Москва, «Музыка», 1988.