современная КОСМОЛОГИЯ

философские горизонты

Нашу попытку понять эволюцию Вселенной можно сравнить с попыткой бабочки-однодневки постигнуть не только причину смены дня и ночи, но и причину смены времен года и даже причину великих оледенений. Глядя на звездное небо, начинаешь понимать, что такое вечность по сравнению с человеческой жизнью, имеющей свой срок. И как же тут не стать философом...

Д. А. Варшалович, академик РАН

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ

Современная космология: *философские горизонты*

МОСКВА
КАНОН+
2011

УДК 1/14
ББК 87
С56

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ)
согласно проекту № 08-03-00596а

Редколлегия:
доктор филос. наук, проф. *В.В. Казютинский* (отв. ред.),
доктор филос. наук, проф. *Е.А. Мамчур*, канд. физ.-мат. наук *А.Д. Панов*

С56 **Современная космология: философские горизонты** / Под ред. В.В. Казютинского. — М.: «Канон$^+$» РООИ «Реабилитация», 2011. — 432 с.

ISBN 978-5-88373-257-7.

Книга представляет собой исследование некоторых философских и эпистемологических проблем космологии. Проанализированы философские позиции классиков космологии XX века (А.А. Фридмана и др.), а также ряда выдающихся современных космологов. Космология вовсе не является одной из «иронических наук», какой ее иногда изображают. Физическая реальность в космологии проявляется как выраженная в языке науки фиксация результатов взаимодействия наблюдателя с исследуемым объектом (осуществляемым через средства и условия познания). Смысл этого понятия в контексте данного типа научной рациональности раскрывается истинной теорией. Показано, что космология, по сути, переходит от традиционных методов исследования к нетрадиционным, т.е. совершаются изменения в ее основаниях, навязываемые новыми типами исследуемых объектов. Отмечена необходимость коренного изменения смыслов традиционных понятий в космологии, таких как пространство, время, бесконечность. Проанализированы условия и границы их применимости в рамках новых космологических теорий. Особое внимание уделено новым фундаментальным понятиям, появившимся в космологии за последние годы: Мультиверс (Метавселенная), космологический вакуум, темная материя, темная энергия, ускоренное расширение Вселенной и др. По некоторым проблемам, находящимся на переднем крае современной космологии, ведется дискуссия между авторами книги. Сделана попытка показать эвристическую роль философии в осмыслении указанных проблем.

Книга рассчитана на философов, космологов и всех, интересующихся философскими проблемами современной науки.

УДК 1/14
ББК 87

ISBN 978-5-88373-257-7

© Коллектив авторов, 2011
© Издательство «Канон$^+$»
РООИ «Реабилитация», 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

КОСМОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ: ДИАЛОГ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Современная космология становится лидером физических наук. Ее стремительное развитие приводит к настолько сильным преобразованиям научной картины мира, что нередко говорят о новой революции в науке о Вселенной. Действительно, динамизм ситуации в космологии на рубеже XX–XXI веков вполне сравним с тем, который был характерен столетие назад для физики. Познание Вселенной (особенно в сфере «археокосмологии») подвело к пределам применимости известных фундаментальных теорий. Осознана необходимость создания «новой физики», включающей существующие теории в качестве своих частных случаев. Гипотетические варианты претендующих на эту роль теорий уже есть (например, теория суперструн, а также М-теория). При разработке объединенной теории, описывающей физический мир, включая нашу Вселенную и даже Метавселенную (Мультиверс), в новой форме возникает ряд традиционных философских проблем. В неклассической космологии они интенсивно обсуждались А. Эйнштейном, А.А. Фридманом, Ж. Леметром, А. Эддингтоном, Г. Бонди, Г. Мак-Витти, А.Л. Зельмановым, С. Хокингом, Р. Пенроузом, Ли Смолиным, П. Девисом, Б. Грином, А.Д. Линде, И.Л. Розенталем и др.

Благодаря принципиально новым средствам получения информации (особенно космическим) и ее обработки (компьютеры) растет объем наших знаний о Вселенной. Началась новая эпоха великих открытий, по своим масштабам намного превосходящих сделанные в свое время Галилеем. Размеры наблюдаемой Вселенной увеличились в сотни тысяч раз. Возникла археокосмология, изучающая ранние эпохи эволюции и самоорганизации Вселенной, которая была тогда квантовым объектом. Космологи стараются даже понять процессы, происходившие на протяжении ничтожных долей секунды после начала расширения. Считают, что в них была «закодирована» вся последующая эволюционная самоорганизация нашего мира. Обосновывают существование в Метагалактике новых структур и ранее не известных форм материи: черных дыр, темного вещества и темной энергии (ее, в частности, интерпретируют как вакуум, т.е. третью – после вещества и полей – физическую форму материи, находящуюся на грани бытия и небытия). Введено не мыслимое ранее понятие «внеметагалактических объектов» или других вселенных, образующих Мультиверс (Метавселенную, Сверхвселенную). Выдвинута гипотеза, что разные вселенные могут быть связаны между собой через так называемые «червоточины» или «кротовые норы» – еще одну гипотетическую новую форму физической материи.

Вселенная в современной картине мира выступает не как ставшее бытие, а как поток становления, порождающий такие фундаментальные объекты природы, как элементарные частицы, из которых формируется наблюдаемая иерархия уровней организации Вселенной. Многие фазы эволюции резко нестационарны и сопровождаются колоссальным энерговыделением (ничего подобного не знала картина античного космоса с ее равномерными круговращениями). Неотъемлемой частью Вселенной оказался человек, для которого она в каком-то смысле является «экологической

нишей». Не только прошлое, но и будущее Вселенной и человека тесно взаимосвязаны.

Мощь человеческого интеллекта вызывает восхищение. Всякий, кто следит за стремительным прогрессом космологии, не может без улыбки вспоминать высказывания, что человек никогда не узнает химического состава небесных тел, не увидит обратной стороны Луны, не поймет, существовала ли первичная туманность, из которой образовались различные поколения космических структур. Но возникли новые проблемы.

Растущего объема эмпирических знаний о Вселенной не хватает. С одной стороны, теория в космологии часто обгоняет самые смелые наблюдения и эксперименты, с другой – точность известных фактов во многих случаях недостаточна. Многие наблюдаемые во Вселенной феномены не имеют надежного объяснения (например, гамма-всплески). Возможные их интерпретации с альтернативных позиций не обязательно перевешивают друг друга. В познавательной ситуации, которая сложилась в космологии, часто возникают вопросы о применимости известных научных понятий. Все это и вызывает необходимость философского, эпистемологического осмысления исследовательской деятельности в космологии: способов генезиса и обоснования новых фактов, теорий и оснований научного исследования.

Книга, среди авторов которой не только философы, разрабатывающие указанный круг проблем, но и космологи, представляет собой исследование некоторых философских и эпистемологических проблем космологии. Проанализированы философские позиции классиков космологии XX века (А.А. Фридмана и др.), а также ряда выдающихся современных космологов. В книге рассматриваются научный статус релятивистской и квантовой космологии, проблемы реальности и научной рациональности в космологии, проблемы методологии исследования Вселенной как

целого. Космология вовсе не является одной из «иронических наук», какой ее иногда изображают. Физическая реальность в космологии проявляется как выраженная в языке науки фиксация результатов взаимодействия наблюдателя с исследуемым объектом (осуществляемым через средства и условия познания). Смысл этого понятия в контексте данного типа научной рациональности раскрывается истинной теорией. Показано, что космология, по сути, переходит от традиционных методов исследования к нетрадиционным, т.е. совершаются изменения в ее основаниях, навязываемые новыми типами исследуемых объектов. Отмечена необходимость коренного изменения смыслов традиционных понятий в космологии, таких как пространство, время, бесконечность. Проанализированы условия и границы их применимости в рамках новых космологических теорий. Особое внимание уделено новым фундаментальным понятиям, появившимся в космологии за последние годы: Мультиверс (Метавселенная), космологический вакуум, темная материя, темная энергия, ускоренное расширение Вселенной и др. По некоторым проблемам, находящимся на переднем крае современной космологии, ведется дискуссия между авторами книги. Сделана попытка показать эвристическую роль философии в осмыслении указанных проблем.

1. НАУЧНЫЙ СТАТУС КОСМОЛОГИИ

В.В. Казютинский

КОСМОЛОГИЯ, ТЕОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ

Многие вещи нам непонятны не потому, что наши понятия слабы, но потому, что сии вещи не входят в круг наших понятий.

К. Прутков

Меня просили: «Миг не проворонь ты –
Узнай, а есть предел – там на краю земли,
И – можно ли раздвинуть горизонты?»

В. Высоцкий

Проблема реальности традиционна для философии. В научном контексте ее поставили физика (проблема физической реальности) и психология (проблема психической реальности). Из физики эта проблема была транслирована в космологию, где модифицировалась в соответствии со спецификой исследуемого объекта – Вселенной как целого. Суть проблемы: 1) что такое реальность, реально ли только наблюдаемое, или же (по крайней мере в некоторых случаях, предусмотренных физическими теориями) ненаблюдаемое также может рассматриваться как определенный тип или форма физической реальности? 2) как возможно познание реальности? 3) имеет ли наше знание отношение к реальности (и, в частности, каково отношение к реальности теорий, сценариев, моделей, конкурирующих в современной космологии)? В статье затрагиваются некоторые из этих вопросов.

В современной философии науки проблема реальности обсуждается наиболее часто в логико-семантическом аспекте, как проблема интерпретации формальных систем, значения и смысла терминов научного языка. Мне ближе эпистемологический подход, при котором рассматривается отношение к объективной реальности и ее аспекту – физической реальности – эмпирических и теоретических структур современной физики (или, если угодно, комплекса физических наук, включающих и космологию). Сюда относится выяснение, во-первых, физического смысла математических формализмов научных теорий (включая релятивистскую и квантовую космологию); во-вторых, проблема метатеоретической значимости этих формализмов. Особую сложность проблема реальности приобретает в случаях, когда рассматриваются математические гипотезы, содержащие величины, смысл которых заранее не ясен и обнаруживается лишь в ходе исследований, порой довольно длительных. Характерна история в этом контексте Λ-члена, который интерпретировался самыми разными способами, объявлялся неконструктивно введенным (в смысле В.С. Степина), а затем вновь диктовал свою волю сообществу космологов. Тем самым проблема реальности в современной физике (или, другими словами, в комплексе физических наук, в числе которых космология) – это аспект одной из фундаментальных проблем эпистемологии об отношении научного знания к миру.

1. Космология и проблема физической реальности

Нет ни одного серьезного космолога, который не обсуждал бы проблему отношения научного знания к миру. Мы находим в философских интерпретациях космологии платонистские, кантианские, позитивистские, реалистские, материалистические подходы. Я присоединяюсь к тем, кто

рассматривает познание в науках о природе (включая космологию) как диалог исследователя, наблюдателя (члена научного сообщества) с физическим миром, в ходе которого последнее слово остается за миром. Достаточно веским (хотя и не для всех убедительным) доказательством считаю настойчивое «навязывание» нам природой в ходе этого диалога концептуальных образов реальности, которые свою определенность получают в научных теориях. Конечно, это – относительно истинные знания не об объективной реальности «самой по себе», а о ее аспектах, вовлеченных в сферу познавательной деятельности.

Большое внимание проблеме взаимосвязи теории и реальности в космологии уделял А.А. Фридман. Он не сомневался в том, что существует объективный физический мир, который «состоит из материи, толкуя слово это в самом широком смысле, к материи принадлежат тяготеющие массы и электромагнитные процессы»[1]. Особую роль в познании мира играет математика. «Мы уславливаемся об особой интерпретации геометрического мира (пространство четырех измерений) при помощи мира физического. Каждой вещи геометрического мира сопоставляется интерпретирующий ее объект (материальный) мира физического. Интерпретация эта совершенно условна и зависит от нашего произвола. В физическом мире мы выделяем группу свойств, которые называем «физическими законами»; эти законы подчиняются принципу инвариантности и «отвечают, следовательно, собственным свойствам мира геометрического»[2]. Тем самым, в философских размышлениях А.А. Фридмана выделяются два мира: физический и геометрический (математический), причем первый является лишь интерпретацией второго. Когда установлена «условная интерпретация геометрического мира при помощи мира физического, является воз-

[1] *Фридман А.А.* Мир как пространство и время // Избр. труды. М., 1962. С. 320.

[2] Там же.

можность путем экспериментального изучения физического мира определить геометрию мира геометрического»[1]. В цитируемых словам можно увидеть влияние философии Платона. Но в текстах А.А. Фридмана мы находим и вполне материалистические по своему смыслу высказывания. Так, теоретическое знание в космологии А.А. Фридман рассматривал как попытку описания свойств реального («настоящего») мира, т.е. «нашей (само собою разумеется, материальной) Вселенной»[2]. Космолог стремится создать «общую картину мира, правда, мира чрезвычайно схематизированного и упрощенного, напоминающего реальный мир лишь постольку, поскольку тусклое отражение в зеркале схематического рисунка Кельнского собора может напомнить нам сам собор»[3]. Эти слова А.А. Фридмана содержат в образной форме мысль о том, что наше знание о Вселенной – приближенное отражение физической реальности. Нельзя не отметить, конечно, что речь идет об отражении в зеркале не самого собора (т.е. не о зеркальном отражении реальности в духе эпистемологии классической физики), а его «схематического рисунка» – некоторой ментальной модели. Толковать слова А.А. Фридмана можно по-разному. Наиболее естественным выглядит их понимание в контексте эпистемологии неклассической науки. Реальность рассматривается сквозь призму теории. Тем самым, задолго до современных дискуссий на тему: «отражение или конструирование реальности?» А.А. Фридман еще в 1923 году тонко учел оба аспекта этой эпистемологической проблемы. Он говорил, по сути, об отношении к физической реальности образа, который в современной философии науки называют «теоретизированным миром».

Совершенно иной была эпистемологическая позиция А. Эддингтона, который часто ссылался на философию И. Канта, говоря, что подлинная наука начинается тогда,

[1] Там же. С. 321.
[2] Там же. С. 247.
[3] Там же. С. 247.

когда разум предписывает законы природе, а не заимствует их у нее[1]. Эддингтон разработал философскую концепцию «селективного субъективизма», проводящую принципиальные разграничения «внешней природы» и физической реальности.

По словам Эддингтона, физик, «пока он мыслит как физик», должен иметь веру в действительный внешний мир. Он верит, например, в то, что атомы и молекулы действительно существуют; для него это не только искусственные построения, которые дают возможность легче понять законы химические». Это утверждение «вполне совместимо с философскими суждениями, связанными с понятиями о последней реальности[2]». Суть этих сомнений обусловлена у Эддингтона образом сети, которую запускают в океан для ловли рыбы и морских животных. Когда сеть будет поднята наверх, в ней останется только то, что по своим размерам превышает ячейки сети, вся же «мелочь» ускользнет. Так и в познании, настойчиво повторял Эддингтон. Сеть – это наша система физических понятий, которую мы забрасываем в мир. Все, что останется в сети, войдет в наше понимание физической реальности. Остальное (то, что Эддингтон называл «последней реальностью») ускользнет от наблюдателя.

Эддингтон сравнивал физика с Прокрустом, «чьи анатомические исследования роста путешественников выявляют лишь длину постели, на которой он заставлял их спать». «Но все-таки я не думаю, – продолжал Эддингтон, – что мы допускаем непозволительно вольное обращение со Вселенной, хотя и обходимся с ней по-прокрустовски»[3]. Рассматривая физическую реальность как «синтез всех возможных физических аспектов природы», Эддингтон считал такой синтез полностью субъективным. Смысл своего высказывания он пояснял следующими словами:

---

[1] *Eddington A.S.* The Philosophy of Physical Science. Cambridge, 1939. P. 67.

[2] *Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение. Одесса, 1923. С. 181.

[3] *Eddington A.* Relativity Theory of Protons and Electrons. Cambridge, 1939. P. 329.

«Реальность мы получим только тогда, когда мы скомбинируем проявления, соответствующие всем мыслимым точкам зрения», т.е. необходимо «принимать во внимание всех мыслимых наблюдателей». Если мы отвергнем права внеземных наблюдателей, продолжал Эддингтон, то «мы должны будем стать на сторону инквизиции против Галилея»[1].

Отсюда Эддингтоном были сделаны противоречивые выводы. С одной стороны, Эддингтон допускал, что «существуют законы, которые, по-видимому, имеют свое местопребывание во внешней природе»[2] (главный, если не единственный из них – закон атомистичности). С другой – считал, что материальный мир субъективен (в смысле «селективного субъективизма»): «то, что мы понимаем под Вселенной, является в точности тем, что мы сами вкладываем во Вселенную, чтобы сделать ее понятной»[3]. Хотя физика занимает почетное место в системе человеческого знания, «все-таки по отношению к природе вещей это знание – только пустая скорлупа, символическая форма. Это – знание структурной формы, а не знание содержания. Во всем физическом мире разлито неизвестное содержание, которое, несомненно, должно быть сущностью нашего сознания»[4].

Эддингтоновский образ «сети», которая служит средством научного познания, получил большое распространение в философии и эпистемологии науки. Заметим только, что ранее он возник в философских размышлениях Н.А. Умова[5], который, однако, не считал эту сеть субъективной. И на самом деле, она создается в процессах диалога человека и природы, причем ячейки ее перестраиваются, когда возникает необходимость захватить в сеть все новые объ-

---

[1] *Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение. Одесса, 1923. С. 181.

[2] Там же. С. 197.

[3] *Eddington A.* Relativity Theory of Protons and Electrons. Cambridge, 1939. P. 328.

[4] *Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение. Одесса, 1923. С. 198–199.

[5] *[Умов Н.А.]* Собрание сочинений профессора Николая Алексеевича Умова. Т. 3. М., 1916.

екты. В качестве ячеек сети можно рассматривать и космический телескоп «Хаббл», и спутники, исследующие, скажем, анизотропию реликтового излучения, и систему фундаментальных физических теорий; их связка оказывается в наши дни несколько «дырявой» и требует «починки», т.е. создания Теории Всего.

Вызывает несогласие и априоризм в той форме, какую ему придал Эддингтон. К. Лоренц[1], раскрыв природу кантовского априоризма, показал, что наш познавательный аппарат был развит в ходе родовой истории человека. Субъективные структуры познания сформировались в ходе адаптации к внесубъективной действительности. (Можно добавить, что то же касается и архетипов коллективного бессознательного, понятие о которых было введено К.Г. Юнгом). Сущность нашего сознания не оторвана от породившего нас мира и не противопоставлена ему.

Далее, фундаментальные теории физики не являются «обобщением» опытных данных, но, как сказал А. Эйнштейн, они «навеваются» опытом. Они также проверяются опытом, который является критерием выбора между конкурирующими теориями. В современной космологии эта роль опыта более чем заметна. Эддингтон считал образцом воплощения своих эпистемологических принципов «фундаментальную теорию», объединяющую микро- и мегамиры[2]. Но она не вызвала отклика в научном сообществе и не привела к эвристически ценным результатам, что не свидетельствует об эффективности эддингтоновского пренебрежения к опыту в решении проблем фундаментального знания. Нельзя согласиться и с тем, что мы познаем лишь структурную форму вещей, которая соотносительна с углублением научного знания.

Многие исследователи Вселенной при обсуждении проблемы «теории и реальности» ссылались преимущественно на философию Платона, среди них Дж. Джинс и Р. Пенроуз.

---

[1] *Лоренц К.* Оборотная сторона зеркала. М., 1998.

[2] *Eddington A.* Fundamental Theory. Cambridge, 1946.

Джинс разработал концепцию ментализма, пронизанную платоновскими идеями. Он следует Платону во многих своих эпистемологических суждениях, в том числе и в понимании физической реальности. Джинс считал, что материальный мир – это, скорее, не реальность, а видимость и ссылался на принадлежащее Платону сравнение мира с пещерой, в которой мы являемся узниками. Огонь, горящий в пещере, отбрасывает на ее стены тени людей и находящихся позади них предметов. Тени – это все, что узники могут наблюдать, и они неизбежно принимают их за нечто реальное. Но о предметах, порождающих эти тени, узники не имеют никакого представления. Джинс стремился связать этот образ платоновской пещеры с неклассической физикой и космологией. «Стены пещеры, в которой мы заключены, есть пространство и время, тени реальности, которые мы видим спроектированными солнечным светом извне, есть элементарные частицы, которые мы видим движущимися на фоне пространства и времени, тогда как реальность вне пещеры, порождающая эти тени, находится вне пространства и времени»[1]. Таким образом, подлинная реальность, порождающая физические явления, имеет трансцендентную природу, а физическая реальность (мир явлений) образует лишь «сечение мира реальности». Вселенная, по Джинсу, создана сверхсуществом с математическим умом, представляя собой мысль этого сверхсущества. Материя ментальна по своей природе. В этом контексте Джинса живо интересовала проблема, которую Ю. Вигнер десятилетия спустя обозначил словами «непостижимая эффективность математики»: каким образом Вселенная с «ошеломляющей точностью» вписывается в математическую рамку, сконструированную задолго до появления неклассической космологии? Ответ Джинса: общая ментальная природа Вселенной, созданной «Великим Архитектором» и сознания наблюдателя. Но Вселенная, по словам Джинса, проявляется в смысле, отличном

[1] *Jeans J.* Physics and Philosophy. Cambridge, 1943. P. 193–194.

от кантовского, т.к. математика входит во Вселенную не снизу, а сверху»[1]. Этим утверждением Джинс, как неоплатоник, противопоставляет себя Эддингтону, как неокантианцу. Но эпистемологическая позиция Джинса противоречива. С одной стороны, он негативно относился к селективному субъективизму Эддингтона. У него «вызывало возмущение», что после того, как априоризм был дискредитирован в философии, Эддингтон пытается возродить его в физике и космологии. Эпистемология Эддингтона – «всего лишь ментальный осадок, оставшийся после действительного восприятия мира»[2]. С другой стороны, Джинс утверждал, что достоверного знания о Вселенной мы достигнуть не можем. Чаще всего мы «упорядочиваем наши дела в свете вероятностей. Нет причин, по которым мы не должны делать то же самое в наших попытках понять Вселенную»[3]. Это рецепция Джинсом философских уроков квантовой физики, имеющая мало общего с Платоном. А вот эпистемологическое осмысление в контексте платоновских идей теории относительности. Тени на стенах пещеры – не что иное, как двумерные проекции трехмерной реальности. Космологические же феномены, считал Джинс, представляют собой четырехмерные проекции многомерной «последней реальности». Тем самым Джинс как бы предвосхитил современные представления о пространствах многих измерений.

Всегда считалось, что образ мира как платоновской пещеры, в которой человек является узником, несовместим с материализмом. Но представления современной космологии вынуждают изменить эту позицию. В самом деле, мы, обитатели Метагалактики, все же чем-то похожи на узников пещеры Платона, которые не могут выглянуть за горизонты событий. Мы судим о реальности по проникающим в пещеру теням, проектирующимся на ее стены. Это –

[1] *Jeans J.* The Mysterious Universe. L., 1937. P. 131–132.
[2] *Jeans J.* Physics and Philosophy. Cambridge, 1943. P. 8.
[3] Там же. С.181.

смутные тени идей, создаваемых современной теоретической физикой. Они могут помочь нам в познании реальности за пределами Метагалактики, но могут и направить по ложному пути. Мы довольно плохо знаем даже то, как устроена наша «пещера», т.е. Метагалактика, не говоря уже о внеметагалактических реальностях; не знаем даже, существуют ли другие вселенные с их необычными свойствами и т.д. Так что образ платоновской пещеры, на мой взгляд, очень хорошо коррелирует с миром современной космологии, но лишь отчасти можно согласиться с платоновским пониманием места человека. Это вовсе не пассивный узник. Он прилагает героические усилия, чтобы изучить реальность не только внутри пещеры, но и за ее пределами. Не стоит только считать эту реальность «трансцендентной», «высшей» или «последней». Просто есть реальность познанная, а есть еще не познанная, может быть, качественно отличная от известной нам реальности по своим свойствам. Познавательные способности человека адаптированы к мезомиру, непосредственно его окружающему. Но уже в микромире необходимость пользоваться макроскопическими понятиями приводит к принципу дополнительности Н. Бора, принципу неопределенности В. Гейзенберга и др. А как обстоит дело в мегамире? Никаких других понятий, кроме макроскопических, у нас нет. Космология ранней Вселенной вынуждает исследователя применять принципы описания, заимствованные из квантовой физики. Но ведь никакого наблюдателя, который бы делал «физически реальными» события в окрестностях Большого взрыва, нет (ссылка на творца в данном случае не проходит, т.к. он не является наблюдателем в квантовом смысле). Известные естественнонаучные понятия могут оказаться недостаточно эффективными и в этом случае. От науки потребуется формирование новых понятий и теорий. Образ платоновской пещеры, если включить в него Мультиверс (Метавселенную), отбросить его мистическую канву и вернуть человеку присущую ему прометеевскую активность,

соответствует многим чертам познавательной ситуации в современной космологии.

Платонистская интерпретация проблемы физической реальности в космологии была дана Р. Пенроузом[1]. «Но можно ли сказать, что платоновский математический мир действительно существует (в каком бы то ни было постижимом смысле этого слова)?... точка зрения Платона обладает огромной научной ценностью, прежде всего потому, что проводит четкое разделение между точными математическими объектами и теми приближениями, что мы наблюдаем в физическом мире вокруг нас»[2]. Пенроуз выступает против взглядов Канта на математику. Можно, разумеется, принять, что математические модели «существуют исключительно в наших многочисленных *разумах*... Однако, полностью отрицая собственную реальность математических структур, мы рискуем, как мне представляется, упустить нечто важное... В математике неизмеримо больше здравого смысла, нежели можно обнаружить в любом отдельно взятом разуме. Не является ли это прямым указанием на то, что математика существует вне нас, что она обладает собственной реальностью, недоступной ни одному отдельному индивидууму?[3]» Существование платоновского мира «равносильно существованию некоего объективного высшего стандарта, который не зависит ни от наших индивидуальных мнений, ни от особенностей нашей культуры». Это представление сопряжено с необходимостью «слегка расширить рамки привычного значения слова «существование». Разумеется, математические формы в платоновском мире существуют не совсем так, как существуют различные физические объекты – скажем, столы и стулья – в мире нашем. Они не имеют пространственного местоположения, не существуют они и во времени. Они

[1] *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. М.-Ижевск, 2007.

[2] Там же. С. 34.

[3] Там же. С. 35.

существуют в потенциально вневременном смысле» [1]. По Пенроузу есть три мира – физический, ментальный и платоновский математический мир. Связи между ними во многом загадочны. Например, мир математики в ментальном мире проявляется строго и точно, в физическом же – приближенно.

Большинство физиков и космологов, по мнению Пенроуза, вместо того, чтобы ответить на вопрос: «что такое физическая реальность?», пытается обойти его, заменить другим вопросом – как она проявляется. Конечно, современная наука должна проявлять осторожность в попытках ответить на вопросы типа «что?» и «почему?». Но эти вопросы, считал Пенроуз, могут приобрести смысл в более фундаментальной картине физической реальности, вытекающей из новой физической теории. Все выглядит так, если бы физики «искали “реальность” в платоновском мире математических идеалов. Такой взгляд представляется следствием гипотетической «Теории Всего», поскольку тогда физическая реальность оказывается просто отражением математических законов[2]. Не следует «пытаться *отождествить* физическую реальность с абстрактной реальностью платоновского мира... каждый из трех миров – платоновский (математический), физический и ментальный обладает своим собственным видом реальности, и каждый глубоким и загадочным образом опирается на предшествующий, так что эти миры образуют цикл. Мне хочется думать, что платоновский мир, в некотором смысле, самый примитивный из всех...»[3].

При ретроспективном взгляде не только у Пенроуза, но уже у Джинса и Эддингтона выявляется своеобразная концепция «трех миров», но в разных вариантах. Первый мир – это несотворенная непознаваемая «последняя реаль-

---

[1] Там же. С. 37–38.

[2] *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. М.-Ижевск, 2007. С. 850.

[3] Там же. С. 851.

ность» (Эддингтон) и «подлинная реальность», носящая трансцендентный характер как творение мысли «Великого Архитектора Вселенной» (Джинс). Второй мир, как в том, так и в другом случае – материальная или физическая реальность, выступающая объектом физического познания. Третий мир – это мир человеческого сознания, разлитого повсюду в природе. В концепции селективного субъективизма Эддингтона, именно он порождает математические формы и структуры, которые навязывает второму миру. Ментализм находит гармонию между разными мирами. Человеческое сознание сливается с миром объективного духа. Философам науки более привычна концепция трех миров К. Поппера[1]: первый мир – физический, второй – мир состояний сознания, третий – мир объективного содержания мышления. Я не согласен с Поппером, что существование третьего мира возможно вне мира культуры.

Эддингтон, Джинс и Пенроуз обсуждали одну из самых фундаментальных философских и эпистемологических проблем о природе математических форм и символов, которая бросает вызов самым разным философским течениям, включая антропологические. Откуда у человека взялась способность «открывать» или «изобретать» структуры, описывающие реальности, которые выходят, как будто, неизмеримо далеко за пределы его «жизненного мира»? Без ответа на этот вопрос будет неполной любая концепция человеческой природы. Но, несмотря на множество усилий, эту проблему пока нельзя считать решенной.

С позиций реализма рассматривают основания физики и космологии многие выдающиеся исследователи, например, Б. Грин[2]. Вопрос о реальности, который он называет «одновременно и всеобъемлющим, и ускользающим», для Грина исходный: «что *есть* реальность? Мы, человеческие существа, имеем доступ только к нашему внутреннему

---

[1] *Поппер К.* Логика и рост научного знания. М., 1983.

[2] *Грин Б.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. М., 2009.

опыту ощущений и мыслей, поэтому как мы можем быть уверены, что они истинно отражают внешний мир?». Физики «остро чувствуют, что видимая реальность – материя, эволюционирующая на фоне пространства и времени, – может оказаться совсем не похожей на ту, другую реальность, лежащую за пределами видимого (если она существует)»[1]. Тем самым, Грин не сомневается в существовании внешнего мира помимо человеческого сознания и ставит проблему его отражения в знании. Это отражение совершается сквозь призму разных научных теорий, которым соответствуют свои типы реальностей: общей теории относительности и квантовой механики. Каждая из этих теорий претендует на универсальность, но между ними – «фундаментальный конфликт». По словам Грина, «конфликт между известными законами означает несостоятельность в попытке понять глубокую истину вещей»[2]. Необходима единая теория, которая позволит создать концепцию «объединенной реальности». Главным претендентом на эту роль является для Грина теория суперструн. Грин, подобно Платону и Джинсу, стоит на той точке зрения, что «реальность, которую мы ощущаем, является лишь слабым отблеском настоящей реальности»[3]. Но это утверждение Грина, по собственным его словам, не содержит в себе никакой мистики, ничего сверхъестественного. Наука подошла к новым и непривычным типам физической реальности, которые не присутствовали в нашем прежнем опыте.

Много внимания проблеме взаимоотношения научной теории и реальности уделял С. Хокинг. Свою позицию он сформулировал так: «Если то, что считать реальным, зависит от нашей теории, как же мы можем сделать реальность основой нашей философии? Я бы назвал себя реалистом в том смысле, что признаю существование вне нас Вселен-

---

[1] *Грин Б.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 11.

[2] Там же. С. 29.

[3] Там же. С.26.

ной, ожидающей, когда ее исследуют и поймут. Я считаю, что позиция солипсиста – якобы все сущее есть наше воображение – это пустая трата времени. Но без какой-либо теории мы не можем выделить, что же во Вселенной реально». Но далее он совершает поворот от реализма к позитивизму: «Поэтому я принимаю точку зрения... что физическая теория – это просто математическая модель, используемая нами для описания результатов наблюдений. Теория является хорошей, если модель изящна, если она описывает большой класс наблюдений и предсказывает результаты новых наблюдений. В противном случае не имеет смыла спрашивать, соответствует ли теория реальности, так как мы знаем, что реальность зависит от теории». Он добавляет: «Нехорошо апеллировать к реальности, когда у нас нет независимой от модели концепции этой реальности»[1]. Эта позиция близка позитивизму.

Признавая существование внешнего мира в качестве исходного пункта научного исследования, Хокинг считает, таким образом, что научные теории не соответствуют реальному миру. Он выступает против «невысказанной веры» в независимую от модели реальность, которой отличалась классическая концепция реальности. Под реальностью Хокинг понимает, таким образом, определенную концепцию реальности, ее образы или модели в знании, которые, в самом деле, зависят от теории.

В классической физике концепция исследуемой реальности предшествовала теории. Неклассическая физика все изменила. Идеалом построения теории стала математическая гипотеза, при которой концепции исследуемой реальности возникают в ходе интерпретации формализмов теории и действительно от нее зависят, что было отмечено Хокингом. Через обоснование теории концепция исследуемой реальности также косвенно проверяется экспериментами и наблюдениями. Т.е. независимая проверка адекватности такой концепции по отношению к физическому миру

[1] *Хокинг С.* Черные дыры и молодые вселенные. СПб., 2001. С. 52.

все-таки возможна. Если понятие физической реальности, как отмечал Хокинг, зависит от теории, то и теория, в свою очередь, сравнивается с нашими знаниями о реальности. Это означает, что взаимодействия физического мира, реальности и теории в физике и космологии оказываются многоплановыми. Кроме того, они изменчивы в динамике науки.

Сохраняет свое влияние и материалистический подход к проблеме физической реальности в космологии, который как раз сделал реальность основой философии. Значительная часть современных естествоиспытателей является стихийными материалистами. Но самого термина «материализм» большинство физиков и космологов старается избегать, заменяя его термином «реализм», хотя эти термины далеко не равнозначны. Материализм может рассматриваться как один из многих типов философского реализма. (Вспомним, что реалистами были, например, Платон и Фома Аквинский, В.И. Вернадский и К. Поппер). Напротив, В.Л. Гинзбург считал необходимым «защитить диалектический материализм и атеизм. Совершенно абсурдно отказываться от диамата и атеизма только на том основании, что эта идеология разделялась большевиками» – говорил он[1]. Я хотел бы, чтобы моя позиция не выглядела двусмысленной. Говоря о материализме, я, конечно, отнюдь не понимаю его в идеологизированном смысле, как «единственно правильную» философию, способную решить любые проблемы. Проблемами неклассической рациональности в науке успешно занимались разные философские направления, в том числе и материализм, который вовсе не «рухнул» под напором современной физики. Хочу упомянуть, например, выдвинутые в 60-е – 80-е годы XX века материалистами (физиками и философами) интерпретации фундаментальных теорий – специальной и общей теории относительности, кванто-

[1] *Гинзбург В.Л.* К столетнему юбилею квантовой теории (несколько замечаний) // 100 лет квантовой теории. История. Физика. Философия. М., 2002. С.7.

вой механики, которые содержали характеристику основных черт неклассической рациональности.

Позиция материализма не разделяет, а связывает наши знания о физическом мире и объективную реальность. Конечно, все мы помним, насколько неудачны были сначала его попытки подойти к этой проблеме. Совпадение понятий объективной реальности и физической реальности в основаниях классической науки сменилось их «расщеплением» в неклассической науке, особенно в квантовой механике. Но довольно быстро неизбежность эпистемологического сдвига, смысл которого диктовался современной наукой, была понята. Переход к неклассической физике и космологии с ее непривычными образами реальности, в основе которых лежали математические структуры, был воспринят философами многих направлений как подрыв эпистемологии материализма. Но пришло понимание того, что, принимая в физике и космологии тезис о существовании независимого от наблюдателя мира вне нас, исследователь выделяет определенные фрагменты объективного мира, которые свою концептуальную определенность получают в соответствующих фундаментальных теориях. Непосредственная экспериментально-наблюдательная основа физических теорий – не объективная реальность сама по себе, а форма ее проявления в познавательных ситуациях, т.е. физическая реальность.

Эта позиция не разделяет, а связывает наши знания о мире и объективную реальность. С моей точки зрения, современное обоснование она может получить в рамках интерпретации трех миров, но в варианте, отличном от предложенных К. Поппером и Р. Пенроузом. Три мира образуют: мир физический (первый мир); мир психический (второй мир); мир человеческой деятельности и культуры (третий мир), соединяющий первые два. В деятельности, культуре возникают математические символы, структуры и теоретические миры, определенные прообразы которых потенциально могут существовать в физических и психи-

ческих мирах. Сфера существования научных теорий – не только особый мир объективного знания[1], но и мир культуры, в который наши знания погружены.

Воспринятый материализмом эпистемологический урок неклассической науки состоял в том, что теории перестали рассматриваться как «прямые» копии объективной реальности, рассматриваемой «сама по себе». Напротив, они опосредованы нашей познавательной деятельностью. Произошло расщепление понятий объективной реальности и физической реальности. По словам Гейзенберга, «естествознание описывает природу, которая подвергается нашим способам постановки вопросов и нашим методам исследования»[2]. Была осознана многозначность философского, а затем и физического понятий реальности. Как отметил М.Э. Омельяновский[3], реальность в языке философии приобретает несколько значений: 1) наиболее общее из них – «существование» – охватывает и материальные, и идеальные объекты; 2) это общее понятие расщепляется на реальность объективную, существующую независимо от человеческого сознания, и реальность субъективную – то, что существует в сознании и может, по словам, М.Э. Омельяновского отражать (при известных условиях) объективно реальное. Субъективное фигурирует и в теориях физики (добавим от себя – и космологии). Когда говорят «физическая реальность некоторого нечто», то предполагают так или иначе, что понятию этого нечто должна отвечать объективная материальная реальность; 3) понятие реальное (реальность) имеет еще значение действительного, которое происходит от термина «действовать». Следует особо отметить замечание М.Э. Омельяновского, что понятия «существующее» и «действительное» не тождественны.

---

[1] *Ильенков Э.В.* Проблема идеального // Вопросы философии. 1979, № 6. С. 128–140; № 7. С. 145–158.

[2] *Гейзенберг В.* Физика и философия. М., 1963. С.57.

[3] *Омельяновский М.Э.* Диалектика в современной физике. М., 1973. С. 62.

М.Э. Омельяновский обосновывал точку зрения, что понятие физической реальности ближе всего к понятию действительности (так же ее понимал Н. Бор).

Но с этим, к сожалению, согласиться можно лишь частично. В самом деле, Н. Бор часто повторял, что физически реальным может быть лишь наблюдаемое явление. Но фактически современная физика (и особенно космология) молчаливо включают в сферу своего исследования большие массивы явлений ненаблюдаемых (даже принципиально ненаблюдаемых). Космология не отказывается от изучения явлений за пространственными и временными горизонтами событий. Такие горизонты существуют, например, в отношении нашей сверхранней Вселенной, Метагалактики, а также ее отдаленного будущего, других вселенных, которые не являются наблюдаемыми, т.е. не выступают «действительностью» для земного космолога. Но они рассматриваются как возможно существующие миры, которым космологи стремятся придать статус действительных (или вовсе недействительных). Космология тем самым использует понятие реальности в обоих указанных смыслах. Понятие реальности как действительности характеризует наблюдаемую Вселенную, реальности как существование – области мира за горизонтами. («Модельная реальность» А.Д. Панова[1] относится, на мой взгляд, к реальности именно этого типа).

Физическая реальность в смысле действительности – это выраженная в языке науки фиксация результатов взаимодействия наблюдателя с исследуемым миром (осуществляемая через средства и условия познания); содержание этого понятия раскрывается в истинной теории. Тем самым обеспечивается «обратная связь» теории с физическим миром[2]. Понятие реальности как действительности и в квантовой физике, и особенно в современной космоло-

---

[1] *Панов А.Д.* Проблемы методологии современной космологии и квантовой гравитации // В наст. книге.

[2] *Бажан В.В., Дышлевый П.С., Лукьянец В.С.* Диалектический материализм и проблема реальности в современной физике. Киев, 1974.

гии должно быть расщеплено далее на реальность потенциальную и реальность актуальную (естественно, М.Э. Омельяновский это понимал). Реальное в физике – это действующее на наши приборы и органы чувств, но потенциальная реальность, на них не воздействуя, существует независимо от нашего сознания. Такое расщепление, по сути, лежит в основе неклассической концепции физической реальности, которую развивали В. Гейзенберг и В.А. Фок.

Физическая реальность в смысле существования описывается с помощью научной картины мира – концепции, которая в познании замещает для нас объективный мир и является, согласно модели В.С. Степина[1], одним из важнейших оснований науки (научная картина мира). Реальность именно в этом ее понимании зависит от теории, но и сама влияет на интерпретацию теории. Она не обязана прямо или косвенно воздействовать на наши приборы, что обязательно для реальности в смысле действительности, точнее, это воздействие все-таки есть, но осуществляется оно через интерпретацию экспериментов и наблюдений.

Принимая в целом точку зрения М.Э. Омельяновского на понятие физической реальности, которое вполне применимо и в космологии, хотел бы сделать несколько замечаний.

Во-первых, для меня не вполне ясно, каким образом вписывается в разделение объективно-реального и субъективно-реального аналитическая психология Юнга, в которой некоторым структурам психического приписывается объективное существование, скажем, архетипам коллективного бессознательного.

В-вторых, обсуждая понятие реальности на уровнях чувственного и теоретического познания, следует учитывать, что Вселенная включает микро, макро (мезо-) и мегамир. Человек (наблюдатель, исследователь) возник в процессе коэволюции всех этих трех миров, образующих вместе с ним нерасторжимое единство. У нас пока нет

[1] *Степин В.С.* Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция. М., 2000.

оснований сомневаться, что теоретический разум, представляющий собой тонкий слой над бездонными глубинами коллективного бессознательного, способен охватить свойства всех этих сфер реальности. Но в какой форме? В познании постоянно воспроизводится противоречие между чувственным и теоретическим, которое разрешается не только на рациональном уровне, но и на уровне образов коллективного бессознательного. Так, объективные свойства микрообъектов доступны человеку лишь в «проекции» на макроприборы (некоторые из них зависят от типа прибора, другие же нет). Это и вызывает необходимость перехода к неклассическому пониманию физической реальности.

Новым моментом в развитии понятия физической реальности, вытекающим из современной космологии, стало включение в содержание этого понятия исторического измерения. В классической физике реальность еще не рассматривалась как становящаяся во времени. Ньютоновская теория была, как известно, безразлична к инверсии знака времени. Вселенная как целое считалась неизменной. Этой теории соответствовала концепция физической реальности, в которой глубинные структуры бытия – пространство, время, атомы – были неизменными, гравитационные взаимодействия – универсальными. Неклассическая физика пересмотрела прежние взгляды на реальность. Возникли новые концепции или картины реальности – релятивистская, квантовая. Наша Вселенная как целое, т.е. Метагалактика оказалась нестационарной (эволюционирующей, сейчас мы говорим – самоорганизующейся). Но элементарные частицы, которые считались исходными кирпичиками мироздания, еще не были чем-то ставшим во времени. Фундаментальные теории неклассической физики, также как и ньютоновская теория, не разрешили парадокса времени, значение которого постоянно подчеркивал И. Пригожин[1]. Во-

[1] *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 1985; *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986; *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. М., 1994.

прос, как возникли во Вселенной физические условия, для описания которых стали необходимы неклассические концепции реальности, еще не возникал. Эволюция происходила в пределах определенных типов реальности, разные стороны которых очерчивались релятивистской и квантовой картиной мира и соответствующими им концепциями реальности.

Сейчас мы находимся на пороге крупного сдвига в представлениях об эволюционной самоорганизации Вселенной, который повлечет за собой появление новых нюансов в концепции физической реальности. Дело в том, что археокосмология подошла к необходимости исследовать смену самих типов физических реальностей и становление во времени реальностей наблюдаемых типов. Понятие физической реальности обогащается тем самым аспектом историзма. Если раньше каждой фундаментальной теории соответствовал один определенный тип физической реальности, то сейчас ситуация оказывается более сложной. Теория должна описать происходящие во Вселенной изменения, которые характеризуются последовательным переходом от одного типа реальности (например, такого, в котором еще нет элементарных частиц, привычных нам пространственно-временных структур и известных типов физических взаимодействий) к последовательно развертывающимся реальностям других типов, вплоть до появления наблюдаемых нами.

Детали этих процессов пока далеки от ясности, но все же трудно сомневаться, что природа опять навязывает нам необходимость перемен в самых основаниях научного знания. На мой взгляд, не исключено, что это все-таки потребует включения в фундамент физики стрелы времени (возможно, в рамках Теории Всего).

2. Космологические теории и проблема существования их объектов

Проблема теории и реальности в космологии имеет также другие, более конкретные аспекты, например, свя-

занные с осмыслением объекта этой науки. Релятивизация многих фундаментальных понятий физики почти не затронула понятие Вселенной как целого, что вызвало недоразумения. Расщепления философского понятия «мир» и космологического понятия «Вселенная как целое», относящегося к сфере физической реальности, долгое время не происходило. Обычно принимали, что научный образ Вселенной заменяет прежние философские рассуждения о мире, которые стали излишними.

Наиболее распространенной в космологии – классической и релятивистской – была традиционная точка зрения: Вселенная – это и есть «все сущее». Как сказал А. Пуанкаре, «Вселенная издана в одном экземпляре»[1]. Далее высказывались утверждения, что Вселенная единственна по определению. По словам Д. Шама (другая транскрипция Д. Сиама): «Мы не можем допустить существования многих миров, расширяющихся, сжимающихся, более однородных, менее однородных и т.д... Существует только одна Вселенная... других вселенных, по определению, не может существовать»[2]. (Речь в данном случае идет о физической Вселенной, причем в контексте релятивистской космологии). Но, во-первых, «все сущее» – категория философская, она не обозначает какого-либо физического объекта, во-вторых, проблема объекта космологии – сугубо эпистемологическая, и ее нельзя подменить никакими определениями.

На первый взгляд, для «расщепления» философского понятия мира (универсума) и Вселенной как миров космологических теорий было бы достаточно отметить, что они концептуализируются в сознании совершенно по-разному. Обозначаясь одним и тем же термином, первое из них свою концептуальную определенность получает в системе философских категорий, другое же – экстраполяцией космологической теории, ее физико-математического аппарата. Но в том-то и дело, что в космологии долгое время доминиро-

---

[1] *Пуанкаре А.* Последние мысли // О науке. М., 1983. С. 425.

[2] *Шама Д.* Современная космология. М., 1973. С. 139.

вал образ «всего сущего», который возник до и независимо от космологической теории и априорно считался объектом космологии.

Мне всегда казалось, что в некоторых рассуждениях по поводу существования объекта космологической теории, т.е. реальности, которую она описывает, налицо логическая нестыковка. В самом деле, наблюдаемая Вселенная – объект, несомненно, физический. Что же касается «всего существующего», то природа этого объекта зависит от смысла, который вкладывают в понятие существования. Этот смысл может быть философским, логическим, математическим, может быть и физическим (но не только и не исключительно!). Соответственно были введены разные типы критериев существования. Отсюда следует, что «всему существующему» возможно придавать неодинаковые смыслы, в том числе и совершенно отличные от принятого в космологии. Это понятие может оказаться у́же его космологического смысла, а может оказаться и несоизмеримо шире. Что же мы, собственно говоря, имеем в виду, рассуждая обо всем существующем как объекте космологии. Как этот объект конструируется в системе знания? Не всегда, но во многих случаях все сущее принимают на интуитивном уровне как «тотальность всех вещей», «все, что может быть помыслено», то есть некое всеобъемлющее метафизическое целое; и вот частью этого заданного интуитивно метафизического целого считают наблюдаемую физическую Вселенную. Но материальный мир не физический объект, а философская идея, причем разрабатываемая далеко не во всех философских концепциях. Отсюда, на мой взгляд, и возникли многие недоразумения, связанные с пониманием объекта космологии. Я считаю, что экспликация смысла понятия «Вселенная как целое» в контексте познавательной деятельности космологов необходима не менее, чем других используемых ими понятий (пространства, времени, эволюции, причинности и др.). В противном случае невозможно ответить, например, на вопрос: какой именно физический объект был порожден Большим взрывом?

Смысл философского понимания «всего существующего» решающим образом зависит от контекста философской концепции, но в любом случае качественно отличается от одноименных физических смыслов. Если бы философскому понятию «всего существующего» можно было бы приписать смысл некоего всеобъемлющего физического объекта, то оно немедленно ушло бы из сферы философии в физику. Именно так и считают некоторые космологи, по мнению которых современные космологические модели заменили собой математические образы Вселенной как целого, делая последние попросту излишними. Но это неверно. В культуре функционируют и философские образы мира как целого, и их физические аналоги, причем их смыслы различны.

Поясним сказанное на примере космологических антиномий Канта, оставивших глубокий след в истории философии. В них, как известно, рассматриваются некоторые утверждения относительно мира в целом (например, конечности и бесконечности пространства и времени). Обсуждая вопрос о мире как целом, Кант сформулировал четыре, как он их назвал, космологические идеи, и соответствующие им антиномии: тезисы, которые доказываются, по его мнению, столь же убедительно, что и противоположные им. Мы рассмотрим только первую антиномию, причем лишь в контексте, позволяющем уточнить, какой смысл вкладывал Кант в понятие «мир».

Космологические антиномии Канта слишком хорошо известны для того, чтобы снова воспроизводить доказательства содержащихся в них тезисов и антитезисов. Согласно первой из космологических антиномий Канта, тезис: «Мир имеет начало во времени и ограничен также в пространстве» и антитезис: «Мир не имеет начала во времени и границ в пространстве, он бесконечен и во времени и в пространстве» – одинаково истинны или, точнее, одинаково ложны[1]. Отсюда Кант сделал вывод о непознавае-

[1] *Кант И.* Критика чистого разума // Соч. в 6-ти томах. Т. 3. М., 1964. С. 404–410.

мости вещей самих по себе. Наука, по Канту, занимается лишь феноменальным миром.

Нас интересует вопрос: какое понятие мира в целом использует Кант в своих рассуждениях – философское или же физическое? Обычно вопрос в такой форме не ставится, поскольку способен вызвать возражения или даже протесты. Но только рассмотрев этот вопрос, мы сможем понять, почему космологи XX в. (начиная с А. Эйнштейна и А.А. Фридмана, вплоть до А.Л. Зельманова, С. Хокинга и Р. Пенроуза) не обращались к антиномиям чистого разума, решая проблемы конечности и бесконечности Вселенной на совершенно иных путях.

Для рассмотрения интересующего нас вопроса, необходимо, на самом деле, коснуться трех его аспектов: во-первых, логической структуры антиномий, во-вторых, довода о непознаваемости «вещей в себе», в-третьих, уже на этой основе, выяснить, какой смысл имеет у Канта понятие «мир», отличается ли оно от понятия «Вселенная как целое» в космологии или же нет.

Относительно логической структуры антиномий Канта высказываются противоречивые суждения. Некоторые философы считают доказательства тезисов и антитезисов этих антиномий логически корректными. Другие, напротив, склонны находить нестрогости как в исходных допущениях, сделанных Кантом при формулировке рассуждений, так и в самой логике его рассуждений. Мне наиболее близка оценка космологических антиномий, которая была дана Гегелем[1]. Он показал, что проблема конечности и бесконечности мира во времени и пространстве рассматривается Кантом в плане существования количественных границ мира, т.е. сводится к вопросу «*ограничен ли или не ограничен* мир во времени и пространстве»[2]. Существенно, по словам Гегеля, что мир в пространстве рассматривается Кантом «не как некое становящееся, а как некое завершен-

[1] *Гегель Г.В.* Наука логики // Сочинения. Т.5. М., 1937. С. 262–267.
[2] Там же. С. 262.

ное целое»[1]. Но это противоречит утверждению Канта, что невозможно принять бесконечное протекшее время. Обсуждая тезис кантовской антиномии, Гегель продолжает: *данный момент* времени – ничто иное, как некоторая определенная *граница* во времени. «В доказательстве, следовательно, *предполагается* граница времени как действительная. Но это и есть именно *то*, что должно *быть доказано*, ибо тезис состоит в том, что мир имеет начало во времени»[2]. Следовательно, не было никакой необходимости вести доказательство от противного (что мы находим у Канта) или даже вообще строить доказательство, т.к. доказываемый тезис уже включен в основания доказательства. То же самое касается, по Гегелю, и доказательства антитезиса.

Приводится и другая аргументация, свидетельствующая не только о логических, но и об эпистемологических нестрогостях кантовских антиномий. Например, А.М. Мостепаненко отметил, что безграничность – лишь один из конкретных типов математической бесконечности. Но уже давно в математике рассматриваются и другие типы бесконечности, например, метрическая, в которой бесконечное может и не иметь границы[3]. Во времена Канта можно было не сомневаться в том, что конечный в пространстве и времени мир должен быть непременно и ограниченным. Но появление неевклидовой геометрии, затем и опирающейся на нее релятивистской космологии, резко изменило ситуацию. (Добавлю от себя, что в релятивистской космологии доказана с математической строгостью метрическая относительность не только пространственных и временных интервалов и объемов, но даже и числа частиц[4]). Но из не

[1] Там же. С. 263.

[2] Там же. С. 263.

[3] См. *Мостепаненко А.М.* Космологические антиномии Канта и проблема диалектического противоречия // Вестник ЛГУ, 1970, № 11. (Подробнее это показал в ином контексте Г.И. Наан).

[4] *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 274–324.

вполне корректных исходных рассуждений, естественно, могут быть сделаны выводы, не имеющие логической принудительности.

Далее, как резонно заметил Гегель, в отношении определения ограниченности и неограниченности времени и пространства ничего не меняется, «признаем ли мы, что время и пространство суть отношения самих вещей, или признаем, что они суть лишь формы созерцания»[1]. Иными словами, пропасть, вырытая Кантом между вещами в себе и феноменальной сферой, не вытекает из сформулированных им антиномий и вовсе не обязательна для других философских подходов. (Ее существование отвергалось и некоторыми неокантианцами, например, Г. Когеном, которые считали понятие вещи в себе излишними). С противоположных философских позиций выражали несогласие с Кантом материалисты, признающие не только существование вещей самих по себе (которые не зависят ни от какого сознания или познания), но также и их познаваемость. Антиномия чистого разума с этой точки зрения является слишком ненадежной основой для отрицания познаваемости вещей в себе, которые постоянно превращаются в вещи для нас в ходе человеческой деятельности.

Теперь о понятии мира у Канта. Оно является, несомненно, философским, что, впрочем, совершенно естественно. Вот несколько характерных цитат. Под миром, писал Кант, «подразумевается совокупность всех явлений...»[2]; «слово *мир* в трансцендентальном смысле означает целокупность всех существующих вещей, и мы обращаем внимание исключительно на полноту синтеза...»[3].

Кант сопоставил термины *мир* и *природа*, по его словам «совпадающие иногда друг с другом». Первый из них обозначает математическое целое всех явлений и целокупность их синтеза, как в большом, так и в малом, т.е.

---

[1] *Гегель Г.В.* Наука логики // Сочинения. Т. 5. С. 362.

[2] *Кант И.* Критика чистого разума. // Соч. в 6-ти томах. Т. 3. С. 399.

[3] Там же. С. 399.

в продвижении синтеза как путем сложения, так и путем деления. Но тот же самый мир называется природой, поскольку мы рассматриваем его как динамическое целое и имеем в виду... единство в *существовании* явлений»[1]. Аналогичное определение приводится Кантом в разных местах «Критики чистого разума». (Любопытно, что в близком термину «мир» значении несколько раз упоминается Кантом и термин «Вселенная», например, «если Вселенная охватывает все, что существует...[2]» Для обсуждаемой мной проблемы значимо одно: «мир, природа, Вселенная в изложенных контекстах выступают как понятия философские, относящиеся к рациональной метафизике, но отнюдь не к физической космологии, которая во времена Канта была не способна обеспечить своими концептуальными средствами целостности или единства «всего существующего».

Антиномии Канта сформулированы в абстрактной сфере чистого разума. Очевидно, они не имеют прямого отношения к физической космологии (ньютоновской, неклассической – все равно) по той причине, что понятие «мир» в данном случае не подразумевает хотя бы косвенной связи с какой бы то ни было космологической теорией, очерчивающей концепцию реальности (в смысле – «всего существующего») в космологии. Вполне понятно, что именно в силу этого используемые в космологии физические понятия пространства и времени, конечного и бесконечного неприменимы к миру, понимаемому Кантом как философская идея, то есть не как физический объект. Экстраполяция физических смыслов указанных понятий за пределы их применимости – на «все сущее» в философском (метафизическом) смысле, то есть смешение разных смыслов одноименных терминов, порождает лишь недоразумения. Между тем, проблема вовсе не так сложна. Необходимо просто различать философский смысл понятия Вселенной,

[1] Там же. С. 398.
[2] Там же. С. 458.

закрепленный многовековой традицией, возникшей задолго до физической космологии, но довлеющей над некоторыми космологами и философами (включая авторов настоящей книги), и смысл физический, с иным пониманием существования и универсальности. Это различие хорошо понимал А.А. Фридман. Он говорил о том, что мир, «схематическая картина которого создается принципом относительности, есть мир естествоиспытателя, есть совокупность лишь таких объектов, которые могут быть измерены или оценены числами, поэтому этот мир бесконечно у́же и меньше мира Вселенной – философа». (Очевидно, что то же самое справедливо и в отношении квантовой космологии). Это высказывание А.А. Фридмана, к сожалению, до сих пор не привлекает внимания. Во всяком случае, мне не удалось найти ни одной ссылки на него ни у космологов, ни у философов. Отчасти это можно объяснить тем, что замечательная книга А.А. Фридмана «Мир как пространство и время» вышла небольшим тиражом еще в 1923 г. и в годы идеологизированной науки естественно была практически недоступна. Второе издание появилось в 1965 г., затем вышли «Избранные труды» А.А. Фридмана в серии «Классики науки», но его точка зрения по обсуждаемому вопросу по-прежнему не была замечена. Сам я познакомился с книгой Фридмана только после проведенной Научным советом по философским вопросам современного естествознания и Институтом философии АН СССР конференции «Проблема бесконечности Вселенной в современной космологии». Я выступил на ней с докладом «Понятие «Вселенная»»[1], высказав точку зрения, развивающую идею Фридмана. Сам я обозначил ее как «нетрадиционную», но она тогда выглядела довольно-таки крамольной.

Рассматривая все известные попытки доказать, что Вселенная как объект космологии может рассматриваться всеобъемлющей физической системой, т.е. всем существую-

[1] См. *Казютинский В.В.* Понятие «Вселенная» // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 116–126.

щим в каком-то абсолютном смысле, я пришел к выводу, что все они представляют собой типичный случай «petitio principii». Чисто терминологические ухищрения, подменяющие концептуальный анализ, также казались неубедительными. Необходимо, во-первых, разграничение философской идеи мира и понятия Вселенной в космологии (что и было сделано А.А. Фридманом), во-вторых, изменение постановки космологической проблемы и, в–третьих, *релятивизация* объекта космологии, соотнесение объема понятия Вселенная как целое с определенной ступенью познания, той или другой космологической теорией или моделью – но не в чисто лингвистическом, а в *эпистемологическом* смысле.

Совершенно очевидно, что образ мира как целого в социокультурных, религиозных, философских контекстах формируется принципиально иными концептуальными средствами, чем понятие мира как физического объекта, целостные свойства которого изучает космология. Нет никаких оснований интерпретировать философскую идею мира как целого в смысле всеобъемлющей физической системы. Речь идет не об одном и том же объекте, лишь изучаемом разными концептуальными средствами, а о мирах *принципиально разной концептуальной природы*. Но отсюда следует и дальнейший вывод. Традиционный подход: «объект космологии не может быть ничем иным, кроме как всеобъемлющим мировым целым в абсолютном смысле» – следует заменить прямо противоположным: «мы имеем такую-то космологическую теорию или модель. Обоснованный ответ на вопрос, соответствует ли ей что-либо в физическом мире и что именно, может быть получен лишь на основе эмпирической интерпретации данной конкретной теории (модели) и ее сопоставления с наблюдательными данными». В самом деле, когда в теоретической физике разрабатывается математическая гипотеза о существовании и свойствах какого-либо объекта, ни одному серьезному исследователю и в голову не придет утверждать, что одна лишь претензия теоретика – считать данный объект суще-

ствующим и обладающим предположенными свойствами – должна быть принята до ее эмпирической интерпретации и верификации.

Последнее нередко представляет собой запутанный и мучительный процесс, далеко не сразу приводящий к желаемым результатам (поиски кварков) или даже существенно корректирующий гипотезу (вспомним, что Дирак думал, будто предсказанная им античастица – это протон, а на самом деле она оказалась позитроном). Для космологии почему-то настаивали на исключении из правила, но для этого не было решительно никаких оснований. Уже в самой постановке космологической проблемы целесообразно отказаться от «глобальных претензий» и рассматривать Вселенную как целое в качестве физической системы наибольшего масштаба и порядка, существование которой вытекает их определенной космологической теории. Объектом космологии является мир, рассматриваемый в больших масштабах. *Относительную и преходящую границу познаваемого в мегамире*, гипотетический предел возможностей его теоретического исследования и фиксирует понятие Вселенная как целое. Этим термином могут обозначаться и наша Вселенная, Метагалактика, и физические системы за ее пределами. Иными словами, говоря о Вселенной как об объекте космологии, мы не во всех случаях имеем в виду один и тот же физический «оригинал». Это – все существующее *с точки зрения данной космологической теории или модели*. То, что сегодня считается несуществующим, завтра может вступить в сферу физико-теоретического познания, оказаться существующим и будет включено в наше понимание Вселенной как целого.

Предложенная интерпретация смысла понятия Вселенной как целого находится в хорошем согласии с идеями о множественности онтологических миров, разрабатываемыми В.П. Бранским[1]. Она была поддержана рядом авто-

[1] См.: *Бранский В.П.* Проблема синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973.

ров (Г.И. Наан[1], А.М. Мостепаненко[2]). Другой вариант философской концепции множественности миров разрабатывался С.Б. Крымским и В.И. Кузнецовым[3].

Эта интерпретация нашла подтверждение и в развитии самой космологии. Еще в 1957г. Х. Эверетт предложил интерпретацию квантовой механики, альтернативную копенгагенской, посредством множества миров[4]. В 70–80-х гг. принцип множественности вселенных был выдвинут в связи с антропным принципом[5], развитием квантовой космологии[6], развитием теории инфляционной Вселенной[7], в которой наша Метагалактика – не «все существующее», а лишь ничтожно малая часть мира. Оказалось, таким образом, что понятие Вселенной как целого действительно релятивно, а не относится к какому-то раз навсегда заданному физическому абсолюту. Расширение сферы теоретического познания в мегамире неизбежно вызывает и расширение объема понятия Вселенной как целого.

Не скрою, я испытал большое удовлетворение после появления инфляционной космологии, рассматривая ее как

---

[1] *Наан Г.И.* Понятие бесконечности в математике и космологии // Бесконечность и Вселенная. С.63; эта же точка зрения излагается в статьях Г.И. Наана («Вселенная», «Космология» и др.), помещенных в БСЭ.

[2] *Мостепаненко А.М.* Проблема многообразия миров в современной космологии//Астрономия, методология, мировоззрения. М., 1979. С. 214–223.

[3] *Крымский С.Б., Кузнецов В.И.* Мировоззренческие категории в современном естествознании. Киев, 1983.

[4] *Everett H.* «Relative state» formulation of quantum mechanics // Review of Modern Physics. Vol.29 (1957). P.454-462.

[5] *Картер Б.* Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии // Космология: теории и наблюдения. М., 1978. С. 369–379.

[6] *Davies P.S.W., Brown J.* (eds.) The Ghost in the Atom. Cambridge, 1989.

[7] *Guth A.H.* The Inflationary Universe. NY, 1996; *Линде А.А.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990; *Каку М.* Параллельные миры. Киев, 2008; *Тегмарк М.* Параллельные вселенные // Космос (альманах). М., 2006. С. 31–32.

подтверждение своей точки зрения (возможно, без достаточных оснований, тем более, что многие космологи стали считать Мультиверс новым абсолютом, заменяющим прежний). Моя точка зрения не будет поколеблена в случае, если инфляционная космология окажется неадекватной. Для меня важно лишь то, что разные космологические теории, включая даже «общепризнанные», могут претендовать не только на описание Вселенной как Метагалактики, но и предсказывать существование других вселенных – сколько бы их ни было, и каковы бы ни были их свойства. Таким образом, повторюсь еще раз: в зависимости от теории это могут быть системы разных масштабов и порядков в структурной иерархии природы.

Возникает, однако, следующая эпистемологическая проблема. Другие вселенные с точки зрения современной космологии находятся за горизонтами видимости, то есть принципиально ненаблюдаемы. Не означает ли это, что следствия инфляционной космологии скорее метафизика, чем наука? Само различение наблюдаемой Вселенной и Вселенной как целого свидетельствует, на мой взгляд, что космология занимается и сущностями ненаблюдаемыми.

Эпистемологическая природа экстраполяций инфляционной космологии крайне специфична. Обнаруживает свою ограниченность их физико-теоретическая основа, т.е. фундаментальные теории современной физики достигают в данном случае пределов своей применимости. Далее, экстраполяции инфляционной космологии выходят далеко за пределы наблюдаемой Вселенной. Мы не можем, например, непосредственно обнаружить первичный вакуум, флуктуации которого порождают, согласно теории, множество мини-вселенных. Принципиально ненаблюдаемы, с точки зрения современной науки, и сами эти мини-вселенные. Не означает ли это, что инфляционная космология – скорее сфера метафизики, чем науки? «Границы физики – пишут А.М. Черепащук и А.Д. Чернин – определяются простым критерием: можно ли данное утверждение проверить в эксперименте или наблюдении – хотя бы в принци-

ципе? Если да, это физика». Но «модель множественности вселенных выходит за рамки физики. И ее принципиально невозможно проверить... Мы ничего не видим и никогда (!) не увидим за пределами горизонта мира»[1]. Следовательно, множественность вселенных – чистейшая метафизика.

Сложности, связанные с эмпирическим обоснованием следствий современной космологии, осознаются и другими специалистами. Так, М.В. Сажин[2], характеризуя эпистемологическую ситуацию в космологии, называет «метафизическими» даже некоторые из проблем, возникающих при изучении наблюдаемой Вселенной. К ним относятся, по его мнению, проблемы плоскостности, горизонта и некоторые другие.

В философии науки споры о демаркации науки и метафизики велись на протяжении многих лет (см. напр.[3]), но к доказательным выводам не привели. Жесткую границу провести не удается. Не исключено, что и в проблеме множественности вселенных эта граница окажется как бы «скользящей». Если современная теория не дает никакой надежды осуществить наблюдения других вселенных, то мы не знаем, как будет обстоять дело с точки зрения будущей теории. Ведь по словам Эйнштейна, то, что мы можем наблюдать, зависит от теории. С нашей точки зрения при обсуждении границ физики и метафизики в космологических экстраполяциях следует учитывать, что теория в этой сфере научного исследования далеко обогнала эксперимент. Теоретики не могут ждать, пока наблюдатели и экспериментаторы окажутся в состоянии подтвердить или опровергнуть их сценарии и модели, и не собираются приостанавливать свой поиск. Но из истории науки (той же, например, космологии) известно, что ситуации резкого рас-

---

[1] *Черепащук А.М., Чернин А.Д.* Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино, 2004. С. 284–285.

[2] *Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. М, 2002.

[3] *Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории. К анализу переходных ситуаций в развитии научного знания. М., 1975.

согласования теоретического эмпирического знания, неоднократно случавшиеся в прошлом, приводили к стагнации, которая устранялась только получением новых экспериментальных и наблюдательных данных. Я считаю, что другие вселенные и сейчас являются объектами *физическими*, а не метафизическими, поскольку они сконструированы средствами теоретической физики, а не философской онтологии. Космология нарабатывает множество «возможных миров», существование которых в рамках физики допускается известными теориями. Поскольку эмпирический контакт с ними пока не возможен, их следует рассматривать не как метафизические, а как внутритеоретические объекты, и проблема лишь в том, введены ли они конструктивно (см.[1]). Граница между ними и другими физическими объектами проходит, на мой взгляд, внутри физики. Их статус определит будущая теория.

Следует отметить, что против отождествления понятий «Метагалактика» и «Вселенная» выступил в 60-е годы А.Л. Зельманов[2]. Его точка зрения состояла в том, что эти понятия совпадают только в теории однородной изотропной Вселенной. Но можно допустить, что реальный мир описывается не одним, а бесконечным множеством фридмановских решений, каждое из которых описывает локальную область Вселенной. Эта совокупность крупномасштабных пространственно-временных областей образует единую Вселенную, частью которой и является наша Метагалактика. Эти идеи не обратили на себя внимания сообщества космологов, поскольку разрабатывались в рамках «маргинальной» теории неоднородной анизотропной Вселенной. «Вселенную Зельманова» можно считать определенным аналогом Мультиверса, но только в чисто релятивистском его варианте. Сам Зельманов, впрочем, резко возражал против моих соображений о том, что разные

---

[1] *Степин В.С.* Теоретическое знание. М., 2000.

[2] *Зельманов А.Л.* Метагалактика и Вселенная // Наука и человечество. М., 1962.

космологические теории могут описывать свойства разных вселенных.

Сначала наши дискуссии отличались взаимным непониманием. Зельманов говорил мне: «Отрицать право космологов изучать Вселенную как целое (под Вселенной он имел в виду «все сущее») – это все равно, что отрицать право генетиков заниматься именно генами». Я отвечал, что нисколько не отрицаю за космологами такого права, проблема лишь в том, какой физический объект они обозначают термином «Вселенная как целое». Выходило, что в любом случае не такой, как считал сам Зельманов. Мой собеседник продолжал настаивать на «презумпции экстраполябельности» космологических теорий на «все сущее». Мы совершенно измучили друг друга, но в итоге Зельманов сказал, что на разных языках речь идет об одном и том же[1]. Ранее отрицавшееся понятие множественности вселенных стало для него приемлемым только в связи с интерпретацией антропного принципа[2].

Для проблемы реальности в космологии, по моему мнению, очень существенно различение трех аспектов понятия Вселенной, на котором настаивал А.Л. Зельманов[3]. Это: 1) Вселенная в целом, т.е. Вселенная, рассматриваемая как единый объект, безотносительно к его частям (подобное понятие применяется в космологии крайне редко); 2) Вселенная как целое, что означает: Вселенная как связная совокупность всех ее областей – основной смысл рассматриваемого понятия для космологии; 3) вся Вселенная, т.е. все области Вселенной безотносительно к их взаимной

---

[1] Дискуссии с А.Л.Зельмановым о понятии Вселенной подробно изложены в книге: *Комаров В.Н.* Вселенная видимая и невидимая. М., 1979.

[2] *Зельманов А.Л.* Проблема экстраполябельности антропологического принципа и идея множественности вселенных. // Вселенная, астрономия, философия. М., 1988. С. 77–79.

[3] *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной. // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 274–324.

связи. В.Д. Захаров[1] высказал ряд замечаний по поводу изложенной идеи А.Л. Зельманова. С большинством из них я не согласен. Во-первых, вся космология – это проблема взаимосвязи целого и частей. Для безраздельно господствовавшей в космологии еще полвека назад теории однородной изотропной Вселенной, которая интерпретировалась как теория Метагалактики. Подмеченные А.Л. Зельмановым концептуальные тонкости, действительно, могли быть излишними и бесполезными. Достаточно было одного понятия: Вселенная как целое. Но различение трех аспектов понятия Вселенной нацеливало на размышления: а что, если Метагалактика не всеобъемлющая и не единственная система космологических масштабов? Тогда понятия «Вселенная в целом» и «вся Вселенная» фиксировали бы существование некой физической суперсистемы, превышающей по своим масштабам Метагалактику и рассматриваемой как единый объект. Возникала бы проблема описания ее целостности с точки зрения ЕФТ (единой физической теории по терминологии А.Л. Зельманова) или ТВ (Теории Всего), как говорим мы сейчас. Новым концептуальным смыслом наполняется и понятие «Вселенная как целое» – в связи с появлением теоретических образов Метавселенной (Мультиверса). Современная космологическая теория пока не дает возможности понять, как соединены наша Метагалактика и бесчисленное множество внеметагалактических объектов (других вселенных), существование которых вытекает из хаотического сценария А.Д. Линде, в «связную совокупность». Выдвигается идея «червоточин» или «кротовых нор». Но может быть, наша Вселенная все-таки единственная? Например, Ли Смолин, точка зрения которого разбирается в статье Панова[2], считает существование других вселенных невозможным, а само это понятие бес-

---

[1] *Захаров В.Д.* Пространство и время в современной космологии (аспект бесконечности) // В *наст. книге.*

[2] *Панов А.Д.* Проблемы методологии современной космологии и квантовой гравитации // В наст. книге.

смысленным. Существуют ли другие вселенные как автономные части Мультиверса, и каков в данном случае смысл понятия существования – эти вопросы требуют дальнейшего обсуждения. Мы присутствуем при драме идей, развертывающейся на переднем крае современной науки, причем сценарий этой драмы меняется чуть ли не ежемесячно, а иногда и чаще. Следить за событиями в современной космологии, пытаясь понять их эпистемологический смысл, захватывающе интересно.

Уже после появления инфляционной космологии против отождествления понятий Метагалактики и Вселенной выступил также И.С. Шкловский. Он высказал мнение, что целесообразно «ввести особое понятие для бесконечного многообразия, включающего в себя неисчислимое множество самых различных вселенных, каждую со своим набором констант взаимодействия и фундаментальными числами. Назовем это понятие «Миром» (может быть, лучше было бы использовать старую орфографию: «Мiрь»?). Неплохо выглядит также термин «Метавселенная[1]». Термин «мир» в данном контексте нельзя, конечно, признать очень удачным по причинам, которые уже были изложены выше (особенно это касается его написания по старой орфографии, которую невозможно было бы отразить при переводе на английский и другие языки). Иное дело – термин «Метавселенная». Во-первых, он отражает уже установившуюся тенденцию: если на эмпирическом уровне языка произошел переход «Галактика» – «Метагалактика», то на теоретическом уровне переход «Вселенная» – «Метавселенная» кажется не только логичным, но и как бы имеющим почти принудительную силу. Суть, однако, не в терминах, при всей их важности. Наиболее существенным с точки зрения эпистемологии выступает тот факт, что получены новые очевидные свидетельства относительности смысла

[1] *Шкловский И.С.* Проблемы современной астрофизики. М., 1998. С. 249.

понятия Вселенная как целое, его коррелятивности теории. Термин «Метавселенная» хорошо выражает эту идею, еще недавно «крамольную», но сейчас ставшую достаточно очевидной.

На основе своих размышлений к необходимости различения понятий Метагалактики, Вселенной и «всего сущего» присоединился И.Л. Розенталь. Он писал: «Понятие Вселенная не может быть эквивалентом «всего сущего», оно лишь отражает наше знание о мире в данный момент»[1].

Такая идея сохранится даже в случае, если бы не подтвердились новые космологические теории, рисующие образы других вселенных. (Кстати, скептицизм по отношению к этим теориям среди исследователей Вселенной, более того – самих космологов, очень велик.) Появятся новые теории, которые в соответствии с главной тенденцией современной космологии будут стремиться преодолеть пределы Метагалактики, ставшие слишком тесными для науки. Возможно, их авторы будут стремиться осуществить традиционные амбиции космологов в надежде охватить *космологическими экстраполяциями черты «всеобъемлющего мирового целого»*, но сейчас на это меньше шансов, чем когда бы то ни было. Конечно, не только религиозные и философские системы, но и наука, включая космологию, всегда будут стремиться строить свои «абсолюты». По мнению автора, они будут не столько подменять друг друга, сколько взаимодействовать, приводя к новым знаниям. Философские миры и дальше будут оказывать влияние на миры космологии, хотя границы между ними задаются различием концептуальных средств их построения.

---

[1] *Розенталь И.Л.* Элементарные частицы и космология (Метагалактика и Вселенная) // УФН Т. 167, № 8. С. 802.

3. Реальность, наблюдаемость и антропный принцип

Проблема реальности физических объектов, в том числе в космологии, связана с проблемой их наблюдаемости, но не совпадает с ней. Во-первых, наблюдения бывают прямые и косвенные. В космологии роль косвенных наблюдений возрастает (что недавно было снова подчеркнуто А.Д. Пановым[1]). Во-вторых, физика оперирует понятием степеней реальности, введенным в философии много веков назад, а в физике В. Гейзенбергом[2] (элементарные частицы реальны, но не в той же степени, что и макроскопические предметы). В итоге физика и космология говорят о таких степенях реальности, как действительность, потенциальная и виртуальная реальности (разумеется, я имею в виду не компьютерную реальность, а реальность виртуальных частиц). Например, степень реальности космологического вакуума, самоорганизация которого, по мнению большинства исследователей, могла привести к рождению нашей расширяющейся Вселенной, в свете высказывания Гейзенберга меньше, чем у элементарных частиц (виртуальная реальность). Одни космологи рассматривали вакуум как «ничто», другие же как особую форму материи. По моему мнению, эти противоречия выражают и саму природу исходной субстанции Вселенной, и меру нашего проникновения в ее природу.

Согласно традиционной интерпретации принципа наблюдаемости, описание физической реальности должно быть таким, чтобы из теории исключались объекты, понятия и величины, которые нельзя так и иначе обосновать в экспериментах и наблюдениях; речь идет, таким образом, о принципиальной наблюдаемости (но, как известно, физи-

---

[1] *Панов А.Д.* Проблемы методологии современной космологии и квантовой гравитации // В наст. книге.

[2] См. *Гейзенберг В.* Физика и философия. М., 1963.

ческие, в том числе космологические, теории все-таки содержат величины, принципиально ненаблюдаемые). Как отмечал М.Э. Омельяновский[1], эвристическая роль принципа наблюдаемости особенно проявляется при возникновении в науке парадоксальных ситуаций или появления в теории большого числа принципиально ненаблюдаемых величин. Это свидетельствует о необходимости разработки новой теории, разрешающей парадоксальные ситуации и устраняющей принципиально ненаблюдаемые величины.

Примечательная особенность антропного принципа в космологии состоит в том, что он обращает наше внимание на весьма нетривиальное обстоятельство. Реальность, которую мы можем наблюдать, определяется также контекстом нового понятия, которое Б. Картер назвал «условиями, допускающими наше существование как наблюдателей»[2] (подразумеваются, конечно, лишь космологические условия). Антропный принцип формулируется как своеобразный вариант принципа наблюдаемости, но по своей сути выходит далеко за рамки эпистемологии. Согласно антропному принципу то, что мы можем наблюдать во Вселенной, зависит не только от теории, целенаправляющей наши наблюдения, но и от положения во Вселенной самих наблюдателей. Речь идет о нашем положении в пространстве и времени, которое, конечно, является одним из важнейших условий познания, но этого недостаточно. Антропный принцип языком науки вводят дополнительные измерения, на которые проектируется познаваемая реальность – условия нашего существования, связывающие наблюдателя и наблюдаемое.

Об этом говорил А.Л. Зельманов еще в 1955 году, найдя хитроумный аргумент против невежественных нападок на теорию расширяющейся Вселенной. По его словам, «меж-

---

[1] *Омельяновский М.Э.* Диалектика в современной физике. М., 1973. С. 86.

[2] *Картер Б.* Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии.// Космология: теория и наблюдения. М., 1978. С. 370.

ду различными особенностями одной и той же области может существовать внутренняя связь, которая должна быть раскрыта при помощи физической теории. В частности, может существовать связь между такой особенностью окружающей нас области как наличие условий, допускающих наличие жизни с одной стороны, и иными особенностями этой области с другой. Так, например, достаточно быстрое и длительное удаление галактик в такой области заметно понижает плотность излучения и, таким образом, является одним из факторов, благоприятствующих появлению и развитию жизни»[1]. В 1966 г. А.Л. Зельманов обосновал мысль, что человек мог бы наблюдать не любую по своим свойствам Вселенную: «...мы являемся свидетелями процессов определенного типа потому, что процессы другого типа протекают без свидетелей»[2]. Отсюда следует, что в космологии возникает дополнительный аргумент насчет того, что наши знания о реальности – не просто математические символы, при помощи которых каким-то чудом получают правильные предсказания. Таким аргументом является, на мой взгляд, сам факт существования человека во Вселенной, к свойствам которой адаптированный как он сам, так и его познавательные способности.

Любопытен контекст появления антропного принципа, согласно которому «...то, что мы ожидаем наблюдать, должно быть ограничено условиями нашего существования как наблюдателей». Эти условия как раз и очерчиваются космологическими сценариями. Казалось бы, цитируемая формулировка тривиальна – именно так она и воспринималась некоторыми исследователями. Не было, как будто, необходимости облекать ее очевидное обстоятельство в

---

[1] *Зельманов А.Л.* К постановке космологической проблемы // Труды Второго съезда Всесоюзного астрономо-геодезического общества. М., 1960. С. 77.

[2] *Зельманов А.Л.* Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных проблем физики // Диалектика и современное естествознание. М., 1970. С. 396.

форму особого принципа. Но сведение антропного принципа к некой тривиальности неплодотворно.

Нетривиален мотив, побудивший Картера ввести в космологию антропный принцип. В некотором контрасте с самой формулировкой этого принципа он вовсе не связан с уточнением условий наблюдаемости чего бы то ни было во Вселенной. Картер стремился найти внеэмпирический критерий выбора между фридмановской и другими космологиями (и соответствующими концепциями реальности), так как фактуальных знаний в космологии для такого выбора очень не хватало. Проблема заключалась в объяснении, во-первых, совпадений так называемых Больших чисел (о которых говорили Эддингтон, а после него – Дирак, Иордан и другие исследователи). И, во-вторых, «взрывной неустойчивости Вселенной» даже к малым изменениям фундаментальных физических констант. Если бы их численные значения были «чуть-чуть» другими, Вселенная выглядела бы совершенно иной. В конечном счете, Картер пришел к выводу, что указанные обстоятельства далеки от свидетельства в пользу «экзотических теорий». По его словам, «скорее следует считать, что они подтверждают «обычную» теорию (расширяющаяся Вселенная в общей теории относительности)»[1]. Однако, для этого как раз и требуется антропный принцип. Он ограничивает, во-первых, эпоху существования наблюдателя (который не мог бы появиться, например, ни в ранней Вселенной, ни на достаточно поздних стадиях ее эволюции). Во-вторых, численные значения фундаментальных физических констант, характеризующих уже нашу Вселенную (Метагалактику). Картер ввел представление об «ансамблях вселенных», в большинстве которых сочетания констант создают условия, неблагоприятные для существования наблюдателя. Вот почему связь земного наблюдателя с фундамен-

[1] *Картер Б.* Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии // Космология: теория и наблюдения. М., 1978. С. 370.

тальными свойствами наблюдаемой им Вселенной приобретает особый характер; можно даже говорить об антропном измерении Вселенной.

Нетривиален и вклад антропного принципа в понимание взаимосвязи теории и физической реальности. Выясняется, что изучаемая космологией реальность, которая получает свою определенность в ее теориях, обладает особенностью, до сих пор выпадавшей из внимания эпистемологии. Ее свойства скоррелированы с условиями существования наблюдателя, с которым они взаимосвязаны единой эволюционной цепью. Человек оказался неотделимой частью Вселенной. Тем самым антропный принцип размыкает постоянно подчеркиваемый С. Хокингом мысленный круг, в котором теория должна описывать и объяснять реальность, но само понятие реальность зависит от теории. Понятие условий существования наблюдателя связывает наши познавательные способности с объективными свойствами физического мира. Вселенная теперь выступает не просто как данный нам в опыте «внешний мир», а как целое, неотделимой частью которого являемся мы сами.

Реальность может быть представлена как некоторое самоорганизующееся целое, одно из проявлений которого – фиксация на языке теории потенциальных условий становления сложноорганизованных структур, вплоть до познающего субъекта. Понятия теории и реальности выступают в контексте антропного принципа не только моментами нашего познавательного опыта, но и самого нашего существования в мире. Это соответствует духу известного высказывания К. Лоренца: «жить – значит познавать».

Если космологическая теория (релятивистская, инфляционная) раскрывает такие независимые от наблюдателя свойства Вселенной, которые делают возможным его существование, то решение проблем типа «существовала ли природа до человека?» или «имеют ли наши концепции реальности отношение к миру вне нас» становится более ясными. Наука доказывает, что наша Вселенная возникла

задолго до появления человека. Если бы это была не имеющая отношения к природе символическая конструкция, выраженная языком математики и ничего более, то едва ли она давала бы импульс для обсуждения проблемы «условий существования» самого математически ориентированного наблюдателя. Из факта существования наблюдателя вытекают как объективное существование породившей его Вселенной, так и познаваемость мира в математизированных теориях.

Современная космология имеет дело далеко не только с наблюдаемыми объектами, величинами и корреляциями. Напротив, сфера наблюдаемой реальности в космологии незначительна по сравнению со сферой ненаблюдаемого. Эпистемологическая природа этой ненаблюдаемости различна. Во-первых, ненаблюдаемость выступает как логически неизбежное следствие обоснованных теорий. Пример: горизонты событий, очерчиваемые общей теорией относительности («внутренность» черных дыр; Вселенная за космологическими горизонтами). Какими критериями реальности следует описывать подобные объекты, ведь несмотря на их ненаблюдаемость никакого сомнения в их реальности нет? Теория описывает существование подобных объектов, но в каком смысле? Они не являются действительностью для наблюдателя на Земле, но совсем иначе выглядит дело для наблюдателя, «падающего» на сингулярность внутри черной дыры! Этот пример раскрывает относительность понятия существования в физической теории. Квантовая механика описывает некоторые свойства элементарных частиц, как существующих лишь потенциально до акта их наблюдения в макроприборах. Для космологии наиболее интригующим является, конечно, вопрос о том, какой наблюдатель «приготовил» квантовую Вселенную вблизи начального момента, с помощью какого прибора он зафиксировал ее физическую реальность? Это не могла быть некая трансцендентная сила, поскольку ее нельзя подвести под физическое понимание наблюдателя. Может быть, одна-

ко, прав Пенроуз, и копенгагенскую интерпретацию квантовой механики в данном случае использовать не стоит?

Наиболее обширна, однако, в современной космологии сфера виртуальной реальности, образуемая в свете доминирующей теории вакуумами разных типов. Это – бездонный океан, порождающий, опять-таки согласно теории, бесчисленные вселенные с бесконечно разнообразными свойствами. Существование этих объектов как физической реальности одними космологами признается (в силу неустранимой «теоретической потребности» в них), другими же отвергается как некая бессмыслица. Таким образом, Мультиверс оказывается «физико-теоретической», т.е. абстрактной реальностью, требующей вердикта со стороны реальности эмпирической, получаемого в опыте. Вот почему недостаточно ставить вопрос о реальности множества вселенных в общей форме.

Сказанное означает, на мой взгляд, что современная космология выделяет в концепции физической реальности еще один нюанс (который довольно безразличен для эпистемологического анализа лабораторной физики). Она должна быть скоррелирована с условиями нашего существования как наблюдателей, т.е. с нашим местом в процессе эволюционной самоорганизации Вселенной. Это поможет более адекватно понять нашу включенность в реальный мир и механизмы его познания (в форме относительных истин).

В.В. Казютинский

ТЕОРИЯ И ФАКТ В КОСМОЛОГИИ

Errare humanum est.

Современная космология опирается на гигантские по масштабам экстраполяции. Существующая система физического знания достигает в них пределов своей применимости. Появляются все более экстравагантные теории. Можно ли надеяться на их обоснование или же они так и останутся гипотетическими конструкциями? С помощью каких критериев следует их проверять? Какие теории (сценарии) в космологии получили подтверждение, а какие – серьезно в нем нуждаются? Как показывает эпистемологический анализ, основным и отнюдь не утратившим своего значения идеалом доказательности знания, позволяющим оценивать отношение теорий к объективной реальности, является для космологов их сопоставление с результатами экспериментов и наблюдений.

Долгое время космология располагала незначительным, по сравнению с другими разделами науки о Вселенной, объемом эмпирических знаний. Их не хватало для построения обоснованной модели нашей Метагалактики, которая рассматривалась в качестве Вселенной как целого. Вот почему космологию часто считали своего рода спекуляцией[1]. Заниматься космологией было непрестижным. Это сказывалось и на оценке ее научного статуса. А.Л. Зель-

[1] Обзор подобных взглядов см. *Weidemann V.* Cosmology: Science or Speculation // XVI World Congress of Philosophy. Section Papers. Dusseldorf, 1978. P. 683. (Сам автор является сторонником научности космологии).

манов, космолог-профессионал высочайшего класса, предлагал называть космологию не наукой, а учением: «теория, в принципе, может и, следовательно, должна быть непосредственно подтверждена экспериментом или наблюдениями. Учение же может и не быть доступно непосредственной проверке экспериментом или наблюдениями. Таким образом, понятие "учение" полагается более широким, чем понятие "теории"»[1]. (Напомним, что для Зельманова Вселенная была объектом неизмеримо обширнее Метагалактики, включающим последнюю в качестве своей части). Это понимание космологии никакой поддержки в научном сообществе не получило и осталось, по-существу, неизвестным.

После появления внеатмосферных методов исследования эмпирический базис космологии совершенно изменился. Запущено или планируется к запуску в ближайшие годы большое число космических телескопов специально для проверки отношения к реальности космологических теорий и моделей. Принципиальная ненаблюдаемость областей мира за космологическими горизонтами сохраняется и сейчас, но статус космологии как науки более не вызывает прежних сомнений. По словам А.А. Старобинского, «замечательным достижением последнего десятилетия XX века стало превращение космологии в стандартную точную экспериментальную науку (точнее, в часть астрономии, в свою очередь, являющуюся частью физики), в которой дальнейшее развитие идет по обычной схеме»[2]. Резкое (на порядки) усиление точности наблюдений стало, несомненно, примечательной чертой современной космологии. Но отметим, все же, вслед за А.Д. Пановым[3], что в космологии

---

[1] *Зельманов А.Л.* О бесконечности материального мира и бесконечности Вселенной // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 277.

[2] *Старобинский А.А.* Все дальше в прошлое мира // Лидсей Джеймс. Рождение Вселенной. М., 2005. С. 163.

[3] *Панов А.Д.* Методологические проблемы космологии и квантовой гравитации. (В настоящей книге).

возрастает роль нетрадиционной методологии, подразумевающей использование все более косвенных измерений, стандартов доказательности знания и др. С этой точки зрения даже такой общепризнанный феномен, как Большой взрыв, обосновывается не прямыми, а косвенными наблюдениями (реликтовым излучением, как следствием этого процесса; сам же он останется навсегда принципиально ненаблюдаемым). Но нетрудно заметить, что в некоторых ситуациях современная космология использует метаэмпирические критерии (когерентность, простота, красота знания). В своей совокупности они характеризуют «внутреннее совершенство» теории (А. Эйнштейн). На мой взгляд, они носят вспомогательный характер. Во всяком случае, решающим аргументом в пользу признания теории расширяющейся Вселенной послужили не красота фридмановских уравнений и не простота однородных моделей Вселенной, а наблюдательные тесты, добывать которые пришлось с огромным трудом на протяжении нескольких десятилетий. Что касается простоты, то она в данном случае лишь отпугивала значительную часть наблюдателей. Космология в силу специфики своего объекта (огромная сфера принципиально ненаблюдаемого) использует метаэмпирические критерии совсем иного типа. Например, А.Л. Зельманов предложил считать одним из таких критериев сохранение тех или иных выводов космологии, уводящих нас за пределы наблюдаемой Вселенной при обобщении ее физико-теоретических оснований. Добавим, что ослабление норм исследования в космологии часто восполняется парадигмальными, социально-психологическими факторами, регулирующими систему взглядов в рамках сообщества космологов. В итоге, если значительная часть выводов в космологии достаточно надежно обоснована принятыми в науке эталонами доказательности знания, то есть в ней и немало такого, что этим эталонам соответствует не вполне.

1. Теория и факт в динамике космологии

В то время, как естествоиспытатели предпринимают огромные усилия для эмпирической верификации, фальсификации, выбора своих теорий, некоторые подходы в современной философии и эпистемологии науки оценивают подобные усилия довольно скептически. Отмечается, что эмпирическое знание в науке всегда «теоретически нагружено». Согласно тезису Куна-Фейерабенда, каждая теория сама формирует свои факты и ее независимая эмпирическая проверка невозможна. Между теорией и реальностью выстраивается почти непреодолимый барьер. Но существует и другая точка зрения – о единстве теоретического и эмпирического в динамике науки; она разрабатывается с позиций так называемого деятельностного подхода[1] и приводит к противоположному выводу.

Моя точка зрения по этому кругу проблем сформировалась давно[2] (отчасти под влиянием работ В.С. Степина[3]) и в своей основе не изменялась, но, естественно, дополнялась и уточнялась. Ее можно суммировать так.

Во-первых, проблема должна рассматриваться в плане взаимосвязи двух типов научной деятельности: теоретической и экспериментально-наблюдательной, которые взаимодействуют между собой как непосредственно в сфере познания, так и через технологическую практику общества,

---

[1] *Лекторский В.А.* Эпистемология классическая и неклассическая. М., 2000.

[2] *Казютинский В.В.* Проблема единства эмпирического и теоретического в астрофизике // Астрономия, методология, мировоззрение. М., 1979. С. 93–106. Он же. Истина и ценность в научном познании // Проблема ценностного статуса науки на рубеже XXI века. СПб, 1999. С. 69–123.

[3] *Степин В.С.* Становление научной теории. Минск, 1976. Он же. Теоретическое знание. М., 2000.

выступающую важным стимулом познания. Проблема взаимной связи эмпирических и теоретических знаний в развитии различных теоретических систем науки и всей системы научного знания представляет собой лишь аспект или «срез» обсуждаемой проблемы. Особенность взаимосвязи эмпирического и теоретического в научной деятельности и научном знании (включая способы проверки научных теорий) определяется, по преимуществу, спецификой познаваемых объектов. Это касается и космологии.

В эпистемологии науки часто обсуждается вопрос: как установить связи систем абстрактных объектов, относительно которых формулируются математизированные теории с эмпирически фиксируемыми объектами. Я разделяю точку зрения В.С. Степина, что эти связи формируются либо на основе схематизации эмпирических объектов, либо путем «адаптации» к ним теоретических структур. Теоретические схемы науки выступают не только системным изображением определенных сторон объекта исследования, но и особой моделью экспериментально-измерительной практики. Модифицируя мысль В.С. Швырева[1], который рассматривал эмпирическое и теоретическое как две в равной мере необходимые и кардинальные структуры процесса познания, я высказал мнение (которое разделяю и сейчас), что наиболее адекватным является рассмотрение эмпирического и теоретического в научной деятельности как *равноправных* «партнеров», каждый из которых существует лишь во взаимосвязи с другим и обусловливает другого[2]. Развитие научного знания следует представлять не как переход от одной теории к другой, а как переход от одной совокупности системно организованных теоретиче-

---

[1] *Швырев В.С.* Теоретическое и эмпирическое в научном познании. М., 1978.

[2] *Казютинский В.В.* Проблема единства эмпирического и теоретического в астрофизике // Астрономия, методология, мировоззрение. М., 1979. С. 97–98.

ских и эмпирических знаний к другой совокупности таких знаний, более близкой к объективной реальности. (Хочу в связи с этим особо подчеркнуть то, что всегда казалось мне очевидным: именно это обстоятельство и приводит к возможности относительно независимой проверки теоретического знания).

Я хотел бы напомнить о статье М. Борна[1], в которой философия Эддингтона, провозглашающая «триумф теории над экспериментом», оценена как «значительная опасность для здорового развития науки»[2]. В некотором противоречии с эпистемологическими высказываниями самого Эйнштейна генезис специальной теории относительности Борн видит следующим образом: «Новая теория является гигантским синтезом длинной цепи опытных результатов, а не самопроизвольного колебания мозга»[3]. Разумеется, было бы необоснованной придиркой возражать Борну на том основании, что СТО была построена именно в процессе ментальной активности. Ведь основное в его утверждении – роль «опытных результатов». Борн снова и снова подчеркивает значение эксперимента в физике на примере уравнения Шредингера. «Никто не знал, что реально означают волновые функции Шредингера. И опять решение этого вопроса не было свободным изобретением разума, а было вынуждено экспериментальными фактами... Все развитие квантовой механики показывает, как совокупность наблюдений и измерений медленно создает абстрактные формулы для их сжатого описания, и что понимание их значения наступает впоследствии»[4]. Я не призываю пересмотреть (несомненно, известные Борну) взгляды Эйнштейна на генезис теории как свободное творение челове-

[1] *Борн М.* Эксперимент и теория в физике // Физика в жизни моего поколения. М., 1963. С. 135–171.

[2] Там же. С. 135–136.

[3] Там же. С.146.

[4] Там же. С.152-153.

ческого разума. Моя цель скромнее – возразить, хотя бы и ссылкой на авторитет, против принижения роли эмпирического знания, свойственного многим эпистемологам науки под влиянием постпозитивизма.

Во-вторых, при обсуждении проблем теоретической нагруженности фактов науки и возможности независимой проверки теории фактами, следует учитывать сложную структуру эмпирического знания и многообразие связей его подуровней не только с объясняющей теорией, но и с другими теоретическими знаниями. Идея о теоретической нагруженности эмпирического знания явилась ценным вкладом в эпистемологию, но она недостаточно учитывает, что структура эмпирических знаний многоуровневая, причем к фактам в ряде случаев относят разные их уровни.

Е.А. Мамчур[1] выделяет два уровня: интерпретацию-описание и интерпретацию-объяснение. Первый представляет собой констатацию экспериментального (наблюдательного) результата, теоретически нейтральную по отношению к проверяемой или сравниваемой теориям. Второй – как раз его объяснение в недрах той или иной теории, средствами которой он ассимилируется. Этот уровень структуры эмпирического знания несет определенную теоретическую нагрузку, независимую, однако, от объясняющей его теории.

Вполне соглашаюсь с Е.А. Мамчур относительно существования названных уровней и возможности независимой эмпирической проверки отношения теории к исследуемым фрагментам реальности. Но я всегда считал, что структура эмпирического знания еще сложнее. Необходимо выделять большее число уровней (или подуровней?): 1) уровень непосредственно данного (например, красное смещение линий в спектрах удаленных галактик, наличие во Вселенной

[1] *Мамчур Е.А.* Образы науки в современной культуре. М., 2008. С. 74–84.

микроволнового фона радиоизлучения, флуктуации его интенсивности, звездные величины Сверхновых типа 1а на разных расстояниях и др.); 2) интерпретационный уровень (включающий целый ряд подуровней), на котором статистика результатов измерений осмысливается с точки зрения физических теорий (скажем, обсуждается проблема, является ли красное смещение следствием эффекта Доплера или каких-то иных факторов, типа старения фотонов; представляет ли микроволновой фон «реликтовое» излучение Вселенной или же его природа иная; означает ли отклонение скоростей отдаленных галактик, определяемое по блеску сверхновых от линейного закона, ускоренное расширение Метагалактики, или же справедливо какое-то из альтернативных объяснений; 3) уровень, на котором смысл того или иного факта, используемого космологами, устанавливается в контексте объясняющей теории (например, теории Фридмана, теории Гамова, инфляционной космологии). При обосновании космологических теорий различие этих уровней знания обязательно следует принимать во внимание – в силу особенностей «теоретической нагруженности» каждого из них. Мне кажется односторонней претензия так называемого пантеоретизма считать, что любой эксперимент, любое наблюдение ставится на основе предсказаний определенной гипотезы или теории и выступает лишь как звено в движении от одной теории к другой. Наука о Вселенной (и не только она) переполнена «случайными» открытиями, которые не могут получить обоснованного теоретического объяснения даже долгое время спустя.

В-третьих, что же представляет собой факт науки в структуре эмпирического знания? Многообразие точек зрения по этому вопросу едва ли не больше, чем по другим аспектам эпистемологии. Мне ближе всего точка зрения П.В. Копнина: «знание приобретает качество фактичности, если оно: 1) достоверно, 2) служит исходным моментом

в постановке и решении научной проблемы»[1]. Отмечу еще точку зрения С.Ф. Мартыновича[2]: факт – это смысл истинного высказывания, полученного эмпирическим путем.

В этом контексте рассмотрим некоторые факты (или эмпирические знания, считаемые фактами) из предметной области современной космологии.

2. Проблема теоретической нагруженности фактов в космологии

В космологии много фактов, которые не были (хотя и могли быть) предсказаны (например, расширение Метагалактики); фактов, которые были предсказаны, но не той теорией, которой это обычно приписывают, и все равно открыты независимо от предсказаний (например, реликтовое излучение); фактов, неожиданных для теоретиков, т.е. идущих вразрез с их ожиданиями (ускоренное расширение Вселенной) и не получивших теоретического объяснения даже долгое время спустя после их открытия (например, γ-всплески). Лишь часть фактов была предсказана и открыта в результате целенаправленного поиска (например, анизотропия реликтового излучения). Таким образом, в космологии, наряду с предсказанными, много фактов, открытых независимо от объясняющих теорий.

Расширение Метагалактики открыто случайно[3]. Уровень непосредственно наблюдаемого был установлен в качестве «статистического резюме» многочисленных наблю-

---

[1] *Копнин П.В.* Введение в марксистскую гносеологию. Киев, 1966. С. 222.

[2] *Мартынович С.Ф.* Факт науки и его детерминация. Саратов, 1983. С. 33.

[3] См. *Струве О., Зебергс В.* Астрономия XX века. М., 1968; *Гинзбург В.Л.* Что такое Вселенная и как она развивается во времени. М., 1968; *Казютинский В.В.* Революция в астрономии. М., 1968.

дений красного смещения в спектрах удаленных галактик, проводившихся, начиная с 1914 г. Интерпретационным уровнем выступало объяснение этих наблюдений как обусловленных эффектом Доплера. Разумеется, эта интерпретация потребовала привлечения определенных теоретических знаний из физики, прежде всего из теории колебаний и оптики; в этом смысле эмпирический факт расширения Метагалактики оказывается несущим неустранимую теоретическую нагрузку. Однако вся соль ситуации в том, что включение этого факта в систему знания о Вселенной произошло независимо от разработки объясняющей теории – теории расширяющейся Вселенной, тем более, что она появилась много лет спустя после первых публикаций об этом открытии. Один из важнейших эмпирических законов космологии: скорости взаимного удаления галактик пропорциональны их расстояниям (закон Хаббла) – также был установлен безотносительно к проверке предсказания какой-либо теории. Напротив, именно закон Хаббла придал вес и значение теории, которая сначала не вызвала особого интереса. Лишь в ходе дальнейшего развития науки о Вселенной было достигнуто единство эмпирического и теоретического исследования расширения Метагалактики. Этот простой пример показывает неубедительность пантеоретистской позиции в отношении рассматриваемого явления.

В ходе реконструкции факта расширения Метагалактики вырисовывались все новые моменты. Нельзя было не отметить не только растянутого во времени установления и признания этого факта (особенно его доплеровских интерпретаций). Кроме того, была отмечена и относительно самостоятельная (в известных пределах) жизнь, которую вел каждый из этих уровней знания науки о Вселенной. Например, измерение красных смещений происходило вне зависимости от интерпретации этого эффекта, а интерпретация – иногда независимо от объясняющей теории.

Первые наблюдения красного смещения в спектрах нескольких десятков спиральных и эллиптических «туманностей» появились еще до открытия Метагалактики. Им сразу была дана интерпретация на основе принципа Доплера, что приводило к выводу о наличии во Вселенной небольшого числа объектов природы, удаляющихся от наблюдателя с ранее неизвестными науке скоростями. Этот факт большинству исследователей Вселенной казался крайне странным, вызывал, скорее, недоумение. Но после открытия в 1924–1926 гг. Метагалактики и в 1929 г. эмпирического закона Хаббла стало ясно, что при доплеровской интерпретации красного смещения открыто грандиозное явление *расширения наибольшей из природных систем*. Но может быть, это был только «сырой материал»? Считаю, что история открытия расширения Метагалактики не свидетельствует в пользу такого взгляда. Напротив, открытие закона Хаббла поставило, что называется, ребром проблему, обсуждавшуюся и в «Диалогах» Галилея – *выбора между отношением к реальности двух «систем мира»*, но на этот раз ньютоновской и фридмановской.

Заслуживает быть отмеченным еще один аспект в длительной истории обоснования эмпирического факта расширения Метагалактики. Ряд исследователей, имевших прямое отношение к становлению этого научного факта, в разное время поддерживал недоплеровские интерпретации красного смещения. Эйнштейн, как известно, ненадолго выступил против теории А.А. Фридмана (потом он признал свою ошибку). А.А. Белопольский, подтвердивший применимость принципа Доплера к световым явлениям, довольно недвусмысленно поддержал интерпретацию красного смещения в космологии как «старения фотонов». Э. Хаббл в отдельные моменты колебался между доплеровскими и недоплеровскими интерпретациями красного смещения.

Если обратиться к осмыслению красного смещения на уровне объясняющей теории («интерпретация-объясне-

ние»), то окажется, что одни и те же факты, даже интерпретированные ранее сходным образом, погружаются в разные теоретические контексты. С точки зрения теории расширяющейся Вселенной, красное смещение стало, в конечном счете, рассматриваться как расширение пространства Метагалактики. Мнение о том, что теория расширяющейся Вселенной наиболее естественным образом объясняет закон Хаббла, было высказано в 1931 г. А. Эддингтоном и В. де-Ситтером, после чего вокруг теории и возник настоящий бум. Но доплеровская интерпретация красного смещения была включена и в контекст ньютонианской космологии (Э. Милн). Теория стационарной Вселенной «компенсировала» разбегание галактик рождением вещества в некоем творящем поле. Оказывается, таким образом, что космологические теории не формируют каждая свои факты, а дают им альтернативные «интерпретации-объяснения». В структуре эмпирического знания есть уровни, сформированные независимо от объясняющей их теории и служащие для проверки ее отношения к реальности. Вопреки почти общепринятому мнению разбегание галактик не было предсказано теорией А.А. Фридмана. Почему – вполне понятно. Основоположник релятивистской космологии считал современные ему данные слишком ненадежными для суждений об ее отношении к реальности.

Рассматривая науку (в том числе космологию) как феномен культуры, можно было бы обозначить еще один уровень интерпретации наиболее фундаментальных фактов науки – мировоззренческий, т.е. метанаучный. В истории открытия и признания расширения Метагалактики этот уровень считается наиболее значимым, (что не совсем верно).

Микроволновое фоновое излучение является следствием теории горячей Вселенной Г. Гамова[1]. По предложению

[1] *Gamov G.* The Creation of the Universe. NY, 1952.

И.С. Шкловского у нас его называют реликтовым, но сам этот термин уже содержит в себе интерпретацию. Считается, что оно было открыто А. Пензиасом и Р. Уилсоном в 1965 г.[1]. Но история открытия реликтового излучения изобилует нестандартными ситуациями, которые идут вразрез с популярными методологическими рецептами.

Было ли предсказано наличие космологического фона реликтового излучения на основе теории горячей Вселенной? В упрощенных и переписанных изложениях истории этого открытия без каких-либо оговорок утверждается: да, Гамов это открытие предсказал (авторы одного учебника по астрофизике говорят осторожнее: «фактически предсказал»). Но все обстояло намного сложнее. Гамов считал, что при том состоянии, в котором находилась только что зародившаяся радиоастрономия, измерение реликтового фона невозможно. Он будет «заглушаться» другими космическими излучениями (по словам Гамова в письме одному из космологов, такая возможность им даже не рассматривалась). Это мнение разделялось большинством исследователей. Кроме того, существовало устойчивое недоверие к теории горячей Вселенной, мотивы которого красочно изложил С. Вайнберг[2]. Он называет три причины.

1. Гамов и его сотрудники работали в рамках теории, которая имела своей целью описать происхождение всех химических элементов, включая тяжелые. Но эта теория сталкивалась с трудностями, и теоретики «совершенно не желали серьезно относиться»[3] к такой теории. Пытаясь сделать слишком многое, теория «перестала внушать доверие, которого она действительно заслуживала как теория синтеза гелия»[4].

---

[1] Penzias A.A., *Wilson R.W.* A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s // Astrophysical Journal, V. 142 (1965). P. 419–421.

[2] *Вайнберг С.* Первые три минуты. М., 1981.

[3] *Вайнберг С.* Первые три минуты. М., 1981. С. 120.

[4] Там же. С. 122.

2. Недостаточный контакт между теоретиками и наблюдателями.

3. Но самое главное, «физикам было трудно серьезно воспринимать *любую* теорию ранней Вселенной». Первые три минуты «столь удалены от нас по времени, условия на температуру и плотность так незнакомы, что мы стесняемся применять наши обычные теории статистической механики и ядерной физики»[1]. Только открытие реликтового микроволнового фонового излучения «заставило всех нас всерьез отнестись к мысли, что ранняя Вселенная *была*»[2].

Таким образом, доминировали в равнодушном, скептическом отношении к реликтовому излучению психологические мотивы. Можно допустить, что какую-то роль в определенный момент сыграли позитивистские установки исследователей. Ранняя Вселенная казалась чем-то слишком удаленным от фактов.

Но фактически реликтовое излучение наблюдалось еще до официально признанной даты его открытия. В 1941 г. Мак-Келлар при изучении межзвездного газа обнаружил в спектре одной из звезд линии поглощения циана. Их свойства он объяснил наличием неизвестного излучения, которое в дальнейшем как раз и оказалось микроволновым фоновым излучением. Затем в 1955–1956 гг. микроволновое фоновое излучение из космоса наблюдал Т.А. Шмаонов в Пулкове как некий космический радиофон[3]. Но значение этих наблюдений не было своевременно понято. Они не получили никакой теоретической интерпретации и остались незамеченными космологами. Я помню о них потому, что проводил наблюдения на соседнем радиометре в то же

---

[1] *Вайнберг С.* Первые три минуты. М., 1981. С. 123.

[2] Там же. С. 124.

[3] *Шмаонов Т.А.* Методика абсолютных измерений эффективной температуры радиоизлучения с низкой эквивалентной температурой // Приборы и техника эксперимента. Т. 1. 1957. С. 83–86.

время, что и Шмаонов (занимаясь совсем другой задачей – исследованием поляризации радиоизлучения Луны). Но, по сути, Шмаонов получил тот же самый результат, что и Пензиас с Уилсоном.

К счастью, как выяснилось при любопытных обстоятельствах, опасения Г.А. Гамова о невозможности наблюдения реликтового излучения оказались неверными. В начале 60-х годов Я.Б. Зельдович выдвинул в противовес теории Гамова свою теорию «холодной Вселенной». Для выбора между этими теориями сотрудники Я.Б. Зельдовича (И.Д. Новиков и А.Г. Дорошкевич) рассчитали общий спектр интенсивности всех электромагнитных космических излучений. Выяснилось, что существует «окно», в котором интенсивность реликтового излучения превышает остальные[1]. Отсюда следовало, что наблюдательный выбор между теориями горячей Вселенной Гамова и холодной Вселенной Зельдовича вполне реален. Но открытие Пензиаса и Уилсона произошло независимо от этого теста – совершенно случайным образом. Дело в том, что оба они были не исследователями Вселенной, а радиоинженерами лаборатории «Белл», которые не ставили перед собой научных задач. Им необходимо было проградуировать радиометр, установив нуль-пункт для шкалы измерений. Для этого они решили направить свой прибор в сторону неба – в область, лишенную ярких радиоисточников. Предполагалось, что тем самым и будет зафиксирована нулевая отметка. Но к огорчению Пензиаса и Уилсона, оказалось, что в любой точке неба измеряется некоторый радиофон с температурой около 3°К. Были предприняты многочисленные и утомительные попытки избавиться от этого ненужного радиофона и поиски объяснения его причин (вплоть до весьма

[1] *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1965.

экзотических, например, повышение температуры антенны связывалось с голубиным пометом в ней; это объяснение выступало, таким образом, альтернативой реликтовому излучению!). Но все было тщетно. Тогда Пензиас и Уилсон решили сообщить об обнаруженном ими факте и отправили заметку в журнал. Произошла новая случайность. Статья попала на рецензию к Р. Дике, руководившему группой исследователей, теоретически обосновавших возможность обнаружения реликтового излучения с точки зрения теории гравитации Бранса-Дике (альтернативной эйнштейновской), и собиравшемуся приступить к поискам. Пензиас и Уилсон ненамного их опередили. В свою очередь, Дике и соавторы опубликовали сообщение в том же номере журнала. Так было сделано одно из величайших открытий не только космологии, но и всей науки XX века. Вопреки современным историко-научным мифам никто не искал реликтовое излучение с целью проверки предсказания теории. Напротив, существенную эвристическую роль в его исследовании сыграл прямо противоположный мотив: желание опровергнуть эту теорию, заменив ее альтернативой – построенной в рамках релятивистской космологии теории холодной Вселенной, которая была выдвинута Я.Б. Зельдовичем. Оно произошло случайно, причем оказалось не только непредвиденным, но и «нежеланным», от него хотели избавиться всеми возможными способами. Эти обстоятельства еще раз подчеркнули убедительную силу аргументов природы в ее диалоге с наблюдателем. Наблюдения подтвердили теорию горячей Вселенной Гамова, приверженцами которой стали Я.Б. Зельдович и И.Д. Новиков. Теория холодной Вселенной была названа ими примером «полезной ошибки»[1].

[1] *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1965. С. 148.

Следует отметить, что более значимой для космологии была роль открытия микроволнового фонового излучения в контексте другой оппозиции: между теорией горячей Вселенной и теорией стационарной Вселенной, драматическая схватка между которыми оказалась скоротечной. Открытие реликтового излучения оказалось «решающим экспериментом», но не потому, что с позиции стационарной Вселенной нельзя было придумывать все новые объяснения этого феномена, а потому, что в сообществе космологов произошел психологический перелом. Они как-то сразу и навсегда потеряли интерес ко всем альтернативам. Таким образом, в космологии снова повторилась ситуация, когда надежно установленный факт придал резонансное значение теории, до того вызывавшей среди теоретиков лишь равнодушие и скепсис.

Но была ли тем самым верифицирована теория Гамова и фальсифицирована теория стационарной Вселенной? Нет. Обе альтернативные теории были частично верифицированы и частично фальсифицированы, хотя и в разной степени. Основной целью, которую ставил себе Гамов, было объяснение происхождения всех химических элементов в процессе рождения (creation) Вселенной. Наиболее сильный аргумент в теории Гамова был ошибочным. Он исходил из заниженной оценки возраста Вселенной, связанной в свою очередь с ошибочным значением постоянной H в законе красного смещения Хаббла. Получалось, что химические элементы не успевали «свариться» в звездах. Пересмотр шкалы возраста Вселенной выбил почву из-под этого аргумента. Но водород и гелий действительно имеют космологическое происхождение, и открытие реликтового излучения это подтвердило. Тем самым, теория горячей Вселенной, оказавшись неспособной решить проблему происхождения всех химических элементов, объяснила, как возникла основная часть барионного вещества Вселенной. Изюминка ситуации в том, что реликтовое излучение

было непредсказанным следствием теории, основанной, в числе прочих, и на ошибочных предпосылках и оказавшейся в значительной части неверной по своему содержанию (генезис тяжелых элементов). В соответствии с наивным фальсификационизмом, такая теория должна быть отвергнута, но она оказалась – в серьезно скорректированном виде – одной из основополагающих в современной космологии, да и в науке в целом.

В структуре эмпирических знаний о реликтовом излучении Вселенной выделяются все три отмеченных уровня. Уровень непосредственно данного включает «статистические резюме измерений», доказывающих: 1) само наличие во Вселенной фонового излучения с температурой 2,73°К; 2) распределение его энергии в спектре, соответствующее закону Планка; 3) приблизительную однородность и изотропность фона излучения. Эти наблюдения оказались в определенной степени теоретически нагруженными – знаниями из области теории излучения. Наиболее существенно, однако, что лишь на последующих этапах они оказались связанными с использованием объясняющей теории.

Анизотропия реликтового излучения как наличие сравнительно мелких неоднородностей температуры (т.е. интенсивности этого излучения на небесной сфере) была теоретически предсказана еще в конце 60-х годов XX века на интерпретационном уровне. Она должна вызываться несколькими факторами: 1) эффектом Сакса-Вольфа, суть которого в том, что фотоны могут и приобретать, и терять энергию в гравитационном поле; 2) эффектом Силка – флуктуации плотности вещества должны сопровождаться флуктуациями числа фотонов; 3) эффектом Доплера – частота, т.е. энергия фотонов может меняться в зависимости от того, движутся ли они от нас или же к нам. Общей причиной всех этих эффектов, как считали теоретики, служат возмущения метрики в ранней Вселенной вблизи эпохи инфляции, так что наличие анизотропии реликтового излу-

чения часто рассматривают как предсказание инфляционной космологии. Анизотропия реликтового излучения – источник ценнейших сведений о ранней Вселенной.

Ускоренное расширение Вселенной явилось открытием, не только совершенно неожиданным для космологов, но и прямо противоречившим их ожиданиям. Считалось вероятным, что в ходе эволюции нашей Вселенной, т.е. Метагалактики, скорость ее расширения должна уменьшаться под влиянием гравитации. Собственно говоря, эксперименты и были поставлены для того, чтобы определить величину скорости замедления. Но природа преподнесла исследователям очередной сюрприз. Оказалось, что на самом деле Вселенная расширяется с ускорением, которое началось около 6–8 млрд. лет назад (до этого Вселенная расширялась с замедлением). Это открытие было даже названо «шоковым».

Измерения велись по вспышкам Сверхновых типа 1а в далеких галактиках с помощью космического телескопа Хаббла. По форме кривой блеска такой звезды можно измерить ее светимость в максимуме, т.е. полное количество излучаемой энергии, отнесенное к стандартному расстоянию. Сравнение с наблюдаемой яркостью звезды позволяет вычислить ее расстояние (с точностью до 15%). Далее по спектру Сверхновой измеряют ее красное смещение и, следовательно, скорость удаления галактики, в состав которой она входит. На основании этих данных можно выявить корреляции «видимая яркость – расстояние до галактики». В 1998–1999 году две группы исследователей – одна возглавлялась Б. Шмидтом и А. Рисом[1], другая – С. Перлмутером[2],

[1] Riess Adam et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // Astronomical Jornal. V. 116. 1998. P. 1009–1038.

[2] Perlmutter S, Terner M., White M. Constraining dark energy with SNe 1a and large-scale structure // Physical Reviews Letters. V. 83. 1999. P. 670.

сообщили, что наша Вселенная расширяется ускоренно. Наблюдения показали, что убывание яркости Сверхновых происходит, в среднем, быстрее, чем предсказывала стандартная модель. Очень далекие Сверхновые оказываются более яркими. Отсюда следует, что скорость галактики, в состав которой входят исследовавшиеся Сверхновые, со временем возрастает.

Ускоренное расширение Вселенной сравнивают с эпохой новой инфляции. Подсчитано, что удаленные галактики будут постепенно исчезать за горизонтом видимости, как бы уничтожая наблюдательные свидетельства Большого взрыва. Спустя 135 млрд. лет воображаемый наблюдатель на Земле увидит только ближайшие галактики, но затем уйдут и они. В сфере видимости останется только наша собственная Галактика, звезды в которой начнут потухать и рассеиваться в пространстве.

При анализе структуры рассматриваемого факта обнаружение нелинейной зависимости видимой яркости Сверхновых 1а от их расстояний (определенной, заметим, по статистической обработке сравнительно небольшого числа звезд) следует относить к уровню непосредственно данного. Далее должен следовать интерпретационный уровень, который включает несколько ступеней. Вывод об ускоренном расширении Вселенной – это первая ступень интерпретации. По вопросу о том, является ли такая интерпретация единственно возможной, идут споры, выдвигаются и другие интерпретации. Но большинство теоретиков-космологов убеждено, что объяснить наблюдаемую корреляцию можно только механизмом ускоренного расширения. Ее теоретическая нагруженность определяется сравнением со стандартной космологической моделью и выявлением отклонений от нее. Этот уровень структуры эмпирического знания и следовало бы считать конституирующим важнейший для космологии факт. Многие космологи именно так и поступают. Но есть немало теоретиков, которые идут

дальше, включая те же фактуальные знания также в интерпретацию причин расширения Вселенной как следующий подуровень интерпретации. Обычно говорят об открытии всемирного антитяготения.

А.Д. Чернин продолжил интерпретировать открытие ускорения Вселенной следующим образом: «В 1998–1999 гг. две группы астрономов-наблюдателей сообщили об открытии всемирного антитяготения». После открытия антитяготеющей среды, продолжает А.Д. Чернин, «для нее стали придумывать названия». Одно из них – темная энергия – получила распространение. Но сама эта среда может иметь разную физическую природу. Космологи говорят о моделях двух типов: Λ-член (вакуум) и квинтэссенция. Кроме того, предложены модели, основанные на так называемой фантомной энергии. А.Д. Чернин является сторонником модели космического вакуума, которую он также рассматривает как открытие, сделанное современной космологией. По словам А.Д. Чернина, «наблюдательные данные все более указывают на то, что антитяготеющая среда – это вакуум Эйнштейна-Глинера, описываемый космологической константой»[1].

Если факт ускоренного расширения Вселенной (его достоверность сейчас проверяется новыми, все более точными наблюдениями) мало зависит от какой-либо объясняющей теории, то с другими упомянутыми феноменами, которые рассматривают иногда как факты (темной энергией, вакуумом), дело обстоит иначе.

Во-первых, нельзя считать полностью доказанным фактом само существование темной энергии. Это – лишь следующая ступень интерпретации данных наблюдений, требующая дополнительного обоснования. Некоторые космологи выдвигают альтернативные модели, которые боль-

[1] *Чернин А.Д.* Всемирное антитяготение // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 196.

шинству кажутся маловероятными, но все же пока не исключены из рассмотрения. В противовес сценарию ускоренного расширения Вселенной был выдвинут альтернативный сценарий, в основе которого – отказ от принципа однородности. Считается, что расширение Вселенной все-таки происходит с замедлением, но темпы его различны в зависимости от области пространства. Возможно, окружающая нас область Вселенной содержит меньше вещества, чем необходимо, чтобы задержать расширение, и оно замедляется не такими темпами, как в других областях.

Во-вторых, если признается, что существование антитяготения представляет собой доказанный факт, то дальнейшая интерпретация этого факта все-таки неоднозначна. Существование космологического вакуума, являясь дальнейшей ступенью интерпретации все тех же данных о кинематических особенностях Сверхновых 1а, погружено в объясняющую теорию, которой выступает инфляционная космология. С точки зрения этой теории космологический вакуум – наиболее вероятный «кандидат» на роль среды, способной породить инфляцию в ранней Вселенной. Обычно предполагается, что вакуумное состояние соответствует одному или нескольким скалярным полям. Как показал Я.Б. Зельдович, вакуум эквивалентен материи, обладающей плотностью и отрицательным давлением. Флуктуации вакуума способны порождать «пузыри», раздувание которых приводит к возникновению целых вселенных. Плотность энергии вакуума составляет $\rho = 7 \cdot 10^{-30}$ г/см^3, что выше плотности всех других форм вещества и энергии во Вселенной. Никаких прямых наблюдательных данных, подтверждающих существование космологического вакуума, нет. Он вводится на основе критерия когерентности знания, позволяющего свести воедино кое-что из известного о ранней Вселенной. Но все же существование этого типа вакуума едва ли стоит уже сейчас считать установленным фактом. Оно вполне может подтвердиться, но может и

не подтвердиться. Об открытии космологического вакуума говорить пока рано (если не отступать от общепринятого смысла термина «открытие»). Эта интерпретация ускоренного расширения буквально «растворяется» в контексте объясняющей теории.

В-третьих, природа антитяготения пока не прояснена с необходимой достоверностью. Вот почему не следует, на мой взгляд, полностью сбрасывать со счетов и модели ускоренного расширения, альтернативные основанной на Λ-члене. Как отметили Д.С. Горбунов и В.А. Рубаков: «Отличная от нуля космологическая постоянная – далеко не единственная возможная причина ускоренного расширения Вселенной в современную эпоху. Природа темной энергии – одна из главных загадок современного естествознания»[1]. Довольно влиятельной альтернативой является особая, непривычная форма материи (энергии) – квинтэссенция[2]. Под ней понимают скалярное поле, способное создавать антитяготение, которое и вызывает ускоренное расширение Вселенной. Еще одна альтернатива – «фантомная энергия». Эмпирический выбор между этими альтернативами возможен, хотя и на основе косвенных данных. Необходимо измерить параметр Ω (средняя плотность массы Вселенной, отнесенная к плотности критической). Если он окажется точно равным 1, будет подтверждаться гипотеза о Λ-члене, т.е. космологическом вакууме, если же он имеет другое значение – придется выбирать между гипотезами квинтэссенции и фантомной энергии. Измерения до сих пор приводят к значениям Ω, очень близким к 1.

Таким образом, эмпирически обоснованным фактом в космологии является ускоренное расширение Вселенной. Очень вероятно, можно сказать почти (но все же не до кон-

---

[1] *Горбунов Д.С., Рубаков В.А.* Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большлго взрыва. М., 2008. С. 99.

[2] *Krauss L.M.* The Fift Essence. NY, 2000.

ца) эмпирически доказано существование темной энергии как наиболее вероятной интерпретации наблюдательных данных. Но ее природа пока не ясна. Был ли до начала расширения нашей Вселенной вакуум или какой-то другой тип поля, пока остается открытой проблемой или, если угодно, гипотезой, а не фактом в рассматриваемом смысле.

Итак, анализируя формирование фундаментальных фактов в космологии, к сожалению, никак не могу согласиться с высказыванием А.Д. Чернина, выражающим наиболее распространенный взгляд: «Замечательно, что три из четырех крупнейших наблюдательных открытий были предсказаны теоретиками. Расширение Вселенной предсказал Александр Александрович Фридман в 1922 г. Предсказание реликтового излучения – заслуга Георгия Антоновича Гамова (1940–50 гг.)... Существование же всемирного антитяготения предвидел А. Эйнштейн (1917 г.). Только темная материя явилась в космологии неожиданно»[1].

3. Контекст подтверждения современных космологических теорий: факты и внеэмпирические критерии

Неклассическая космология остро нуждается в фактах, как истинах, хотя и относительных, но достоверных. Сейчас объем фактуальных эмпирических знаний быстро растет, но и альтернативные теоретические структуры к ним непрерывно адаптируются. Проблема выбора теории, особенно в космологии ранней Вселенной, сохраняет остроту. Эта сфера познания чаще других прибегает к разного рода внеэмпирическим критериям при обсуждении приемлемости теоретических выводов. Возник даже взятый из поли-

[1] *Чернин А.Д.* Всемирное антитяготение // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 194.

тики специальный термин «конкорданс» («сердечное согласие»), который означает меру согласия между космологами, дополняющего собственно эмпирические нормативы оценки знания. Феномен конкорданса как тип аргументации обнаруживает себя на разных стадиях современного космологического исследования.

Теории и факты: стандартный сценарий. Сам термин конкорданс для космологии новый, но стоящий за ним тип деятельности работает в ней давно. Вспомним, например, ситуацию 30–50-х годов. Постоянная Хаббла в законе красного смещения была величиной, определяемой на основе *не прямых*, а косвенных измерений – по цефеидам. Ее значение оказалось сначала завышенным почти в 10 раз. Возраст Вселенной (Метагалактики), определяемый как величина 1/H, получался значительно меньшим, чем возраст Земли. Затем возникло аналогичное противоречие между возрастом Вселенной и наиболее старых звезд. Это вызвало у многих наблюдателей крайнее недоверие к теории расширяющейся Вселенной (идеологические споры вокруг нее вовсе не были главным камнем преткновения). Недоплеровские интерпретации красного смещения были еще очень влиятельными, лишь подтверждая сомнения в отношении теории[1]. Но некоторая часть физиков-теоретиков поддерживала фридмановскую космологию, несмотря на ее очевидный конфликт с тем, что тогда считалось установленным фактом. Они исходили как раз из конкорданса, считая, вслед за Эйнштейном, что теория тяготения основывается на более глубоких основаниях, чем теория звездной эволюции, и противоречие будет устранено. В дискуссиях по поводу расширяющейся Вселенной иногда проскальзывал такой аргумент: кто «хорошо понимает» ситуацию, не сомневается, что верх одержит теория, а кто сомневается – тот «ничего не понимает». И ведь все так

[1] См. *Эйгенсон М.С.* Внегалактическая астрономия. М., 1960.

и случилось! Новые оценки постоянной Хаббла позволили устранить противоречие. Конкорданс между физиками-теоретиками себя оправдал.

Теория Фридмана в своем современном состоянии вполне адекватно описывает эволюцию Вселенной от первой секунды после Большого взрыва до настоящего времени, т.е. $13{,}7 \cdot 10^9$ лет. В этих временных пределах теория подтверждается такими фактами, как закон Хаббла, реликтовое излучение, крупномасштабная однородность Метагалактики и некоторые другие. В контексте фридмановской модели надежно обоснована модифицированная теория горячей Вселенной. Согласно этой теории, Вселенная родилась из сингулярности в процессе Большого взрыва как сверхгорячий «огненный шар» с температурой до 10^{32} К. При этой температуре четыре известных физических взаимодействия были объединены в суперсилу. По мере расширения Вселенной происходило падение температуры, сопровождавшееся рядом фазовых переходов: расщеплением гравитации и электрослабого взаимодействий, затем расщеплением электрослабых сил на слабые и электромагнитные, формированием кварк-глюонной плазмы, конфайнментом кварков и первичным нуклеосинтезом, затем образованием атомов, которое сопровождалось появлением космического фонового излучения; его температура составляла 3000 К, а сейчас упала до 2,7 К.

По словам Я.Б. Зельдовича и И.Д. Новикова, «теория горячей Вселенной как теория огромного этапа эволюции Вселенной в настоящее время установлена окончательно. Решающим аргументом является существование и свойства РИ. Те уточнения, которые могут последовать (в силу того, что точность всех проделанных измерений не абсолютна), не изменят основного вывода о горячей Вселенной, а дадут информацию о деталях процессов, которые протекали в прошлом». В рамках теории горячей Вселенной остается еще много невыясненных вопросов, но «объяснять откло-

нения можно (и нужно) будет в рамках теории горячей Вселенной...»[1].

Одновременно с триумфом стандартного сценария (теории расширяющейся Вселенной) выяснилось, что в нем есть серьезные затруднения, носящие характер парадоксов. Их возникло больше десятка[2]. Наиболее впечатляющими были проблемы сингулярности, плоскостности пространства, крупномасштабной однородности и анизотропии Вселенной, горизонтов, барионной асимметрии, реликтовых монополей, единственности Вселенной. Эти затруднения (парадоксы) вызывали большую заботу среди космологов-теоретиков.

Факты и внеэмпирические аргументы в теориях сверхранней Вселенной. Наиболее длительную концептуальную историю имеет проблема сингулярности, поставленная еще Фридманом и Леметром. Кому-то ситуация может показаться не столь драматичной, но С. Хокинг думает иначе. По его словам, если законы физики нарушаются в сингулярности, они могут нарушаться и в любом другом месте. Хокинг говорил также, что многие космологи «питали отвращение к самой идее сингулярности, оскорбляющей красоту теории Эйнштейна»[3]. Впрочем, с математической теоремой трудно поспорить, добавлял он. Одним из «наиболее мучительных вопросов», стоящих перед космологией, назвал сингулярность А.Д. Линде. Вот почему не будет преувеличением сказать, что в течение многих десятилетий космологи вели с сингулярностью настоящую «войну». Были предприняты многочисленные попытки выяснить: существовала ли в эволюции нашей Вселенной некая реальная особенность, которой соответствует сингулярность

---

[1] *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1975. С. 149.

[2] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990.

[3] *Хокинг С.* Теория Всего. СПб, 2009. С. 36.

в решениях космологических уравнений? Этот вопрос разбивается на три части: а) неизбежна ли сингулярность в теории А.А. Фридмана; б) можно ли ее устранить, перестроив космологические теории или их принципы; в) какая космологическая теория – с сингулярностью или без нее – лучше соответствует фактам. На языке эпистемологии проблема приобретает следующую форму: конструктивно ли введена сингулярность в уравнениях Фридмана? Процедура конструктивного обоснования абстрактных объектов теоретических схем, после того, как они введены в качестве гипотез, согласно В.С. Степину, состоит в их адаптации к реальной экспериментально-измерительной практике через посредство эмпирических схем. Необходима внутренняя согласованность всех определяющих признаков абстрактных объектов теоретической схемы. В этом контексте и были многократно поставлены вопросы о сингулярности.

В рамках самой модели однородной изотропной Вселенной некоторые исследователи пришли к выводу, что в общем случае сингулярность необязательна. Но в исследованиях С. Хокинга и Р. Пенроуза были доказаны теоремы, из которых следует, что сингулярность в этой теории неизбежна, т.е. введена конструктивно. Наиболее радикальным подходом, позволявшим обойтись без сингулярности, была теория стационарной Вселенной Хойла-Бонди-Голда (1948 г.)[1]. Один из ее исходных принципов состоял в том, что свойства Вселенной не должны зависеть от «начальных условий». В теории предполагалось существование особого скалярного поля с отрицательной плотностью энергии («творящего поля» или С-поля), которое вызывает спонтанное рождение вещества в форме атомов водорода. Этот процесс как бы компенсирует расширение Вселенной, так

[1] *Bondi H, Gold T.* The Steady-state Theory of Expanding Universe // The Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. V. 108, 1948.

что в целом она стационарна, и для наблюдателя всегда имеет один и тот же вид. Начальная сингулярность в ней отсутствует. Теория стационарной Вселенной пришла в противоречие с некоторыми фактами (например, пространственным распределением удаленных радиогалактик), не смогла удовлетворительно объяснить природу микроволнового фонового излучения. Но абстрактный объект скалярное «творящее поле» с отрицательным давлением был затем переосмыслен в инфляционной космологии (т.е. конструктивно введен в ее концептуальную схему), и в этой новой форме получил среди космологов большое признание.

Инфляционная теория[1] представляет собой, возможно, наиболее крупный прорыв в космологии за последние десятилетия. Она основывается на гипотезе, что Вселенная за ничтожно короткое время после сингулярности (10^{-42}–10^{-36}с)[2] возникла из сверхплотного вакуумоподобного состояния и прошла эпоху раздувания (инфляции). Это обозначает сверхбыстрое (дофридмановское) расширение Вселенной, которое происходит по экспоненциальному закону. В ходе этого процесса радиус Вселенной увеличился в 10 в степени 10^{12} раз. Большинство космологов разрабатывают именно инфляционные сценарии. Первый из них был предложен А.А. Старобинским еще в 1979 г., затем появились сценарии А. Гуса (1981 г.), так называемый новый сценарий (А.Д. Линде, А. Альбрехт, П. Стейнхардт 1982 г.), сценарий хаотического раздувания (А.Д. Линде 1983 г. и 1986 г.).

Общая черта различных инфляционных сценариев в космологии состоит в том, что все они признают огромную роль, которую играют в динамике Вселенной скалярные

---

[1] *Guth A.H.* The Inflationary Universe. NY, 1996.

[2] *Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. М., 2002. С. 37.

поля. Кроме четырех типов физических взаимодействий вводится еще одно – гипотетическое скалярное поле. Оно осуществляет взаимодействия между пока не известными в опыте массивными хиггсовскими частицами. Поля скалярных частиц обладают вакуумными состояниями, которые соответствуют отсутствию реальных скалярных частиц. Эти поля отличаются от полей других типов тем, что их свойства не зависят от движения наблюдателя. Они имитируют космологический вакуум в математических моделях. Считается, что скалярные поля создают механизм сверхбыстрого раздувания Вселенной. В некоторых случаях энергия скалярных полей уменьшается значительно медленнее, чем плотность массы обычной материи. Доминирование этой энергии во Вселенной, как следует из ОТО, и может вызывать раздувание.

Согласно сценарию хаотического раздувания плотность энергии скалярных полей в ранней Вселенной может принимать произвольные значения благодаря флуктуациям. При случайном образовании однородной конфигурации этого поля размером порядка 10^{-33} см и плотностью энергии, сравнимой с планковской плотностью (10^{94} г/см^3), начинается раздувание. Пространство флуктуации экспоненциально увеличивается в размерах со все возрастающей скоростью. Чем больше скалярное поле, тем сильнее оно раздувается. Такие редко встречающиеся области начинают занимать значительно большее пространство, чем все остальные. Плотность вакуума падает при этом на 122 (!) порядка. Там, где раздувание кончается, Вселенная разбивается на домены, т.е. области экспоненциально большого размера. (По некоторым подсчетам размер нашей Метагалактики после раздувания составлял 10^{800} см). Таким образом, А.Д. Линде в своем сценарии хаотического раздувания заменил идею уникальности Метагалактики на противоположную – идею множественности вселенных, т.е. физиче-

ских объектов того же масштаба и порядка, что и наша Метагалактика.

Возможность бесконечного процесса рождения новых мини-вселенных заставляет предполагать, что вовсе не обязательно у этого процесса было какое-то единое начало. Стандартное утверждение о существовании общей космологической сингулярности не следует из топологических теорем о сингулярности и является «по меньшей мере недостаточно обоснованным»[1]. Не было, с точки зрения сценария хаотического раздувания, одного-единственного Большого взрыва; каждая мини-вселенная порождалась своим Большим взрывом.

В обоих случаях – рождение Вселенной из сингулярности и квантовое рождение ее из вакуума при планковской плотности – речь идет о возникновении области классического пространства-времени. Но классическое описание Вселенной вблизи сингулярности невозможно, т.к. квантовые флуктуации метрики были чрезвычайно сильными. Никаких часов и линеек, даже воображаемых, сделать нельзя. «Любые наблюдения, которые проводил бы воображаемый наблюдатель в эту эпоху, были бы нескоррелированы друг с другом... При каждом новом измерении наблюдатель как бы оказывается в совершенно новом мире»[2]. Но в любом случае они бы описывались на разных языках. Понятие сингулярности – это классический язык описания, а возникновение Вселенной из пространственно-временной «пены» описывается квантовым языком. Однако мы можем быть уверены, что этих языков недостаточно для описания рождения Вселенной и не требуется язык квантовой теории гравитации.

---

[1] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 238.

[2] Там же. С. 219.

Эпистемологическая природа экстраполяций инфляционной космологии крайне специфична. Обнаруживает свою ограниченность их физико-теоретическая основа, т.е. фундаментальные теории современной физики достигают пределов своей применимости. Далее, экстраполяции инфляционной космологии выходят далеко за пределы наблюдаемой Вселенной. Мы не можем, например, непосредственно обнаружить первичный вакуум, флуктуации которого порождают, согласно теории, множество мини-вселенных.

Как сочетается один из самых необычных интеллектуальных феноменов – теория инфляционной Вселенной – с принятыми в современной науке идеалами и нормами доказательности знания?

Во-первых, она связана принципом соответствия с фридмановской теорией. Но это – лишь необходимое, но отнюдь не достаточное условие ее состоятельности. *Любая* космологическая теория, претендующая на статус относительно истинной, должна удовлетворять принципу соответствия.

Во-вторых, инфляционная теория, по мнению многих космологов, разрешает все (или большую часть) парадоксов, показавших ограниченность фридмановского сценария. Парадокс сингулярности ослабляется тем, что Вселенная в начале расширения представляла собой квантовый объект, т.е. не была точкой с нулевым объемом, бесконечной плотностью и кривизной пространства, а занимала конечный объем, с плотностью хотя и сверхвысокой, но конечной.

В-третьих, инфляционная космология оказалась способной ответить на коренной вопрос, перед которым остановилась теория А.А. Фридмана: почему расширяется Вселенная? Помню, как много лет назад, слушая курс лекций А.Л. Зельманова по космологии, я задал ему этот вопрос. Мне показалось, что мой собеседник не видит в проблеме какой-либо особой остроты. Ответ звучал так: протяженные пространственно-временные миры, подобные Метагалактике, согласно ОТО не могут быть устойчивыми, вот

она и расширяется. А.Л. Зельманов разрабатывал теорию анизотропной неоднородной Вселенной, в которой сингулярности вообще нет, а есть «регулярный минимум». (Кстати, это был еще один способ устранения сингулярности из теории). Но для большинства космологов драматизм сингулярности был очень даже ощутим. Современная теория решает этот вопрос, считая, что причина фридмановского расширения связана с *отрицательным давлением вакуума*.

В-четвертых, ничто не мешает попытаться установить более тесные контакты инфляционной теории и наблюдений, если заняться поисками каких-то косвенных проявлений Мультиверса в нашей Вселенной.

Оценивая сдвиги, которые произошли в современной космологии, А.Д. Линде в 1990 году высказал предположение, что они «весьма существенны и, вероятно, уже необратимы. Было разработано то, что постепенно, вместо сценария раздувающейся (инфляционной) Вселенной стало называться инфляционной теорией или даже инфляционной парадигмой.

Ясно, однако, что мы еще в самом начале пути, и многие детали теории в дальнейшем будут пересмотрены»[1]. Его более поздняя оценка оказалась и более сдержанной: «... надо сохранять непредубежденность. Существует возможность, что новые наблюдения будут противоречить инфляционной космологии»[2]. Например, если наблюдения покажут, что плотность Вселенной не соответствует плоской модели, инфляционная теория столкнется с серьезной трудностью, кроме того, она основана на теории элементарных частиц, не все варианты которой приводят автоматически к раздуванию. Обоснование возможности раздувания, исходя непосредственно из теории суперструн, может

---

[1] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 60–61.

[2] *Линде А.Д.* Самовоспроизводящаяся раздувающаяся Вселенная // Физика, 1996, № 20. С. 10.

потребовать совершенно новых идей. Э.Б. Глинер считает, что раздувание представляет собой «чисто координатный» эффект, а не реальный физический процесс. Но все же инфляционная теория стала для космологов новой парадигмой, целенаправляющей космологические исследования.

Инфляционная космология не обладает той же степенью эмпирической доказательности, как стандартная космологическая модель. Инфляция была введена ad hoc для того, чтобы объяснить некоторые парадоксы фридмановской космологии. Устранение этих парадоксов – ее несомненное достоинство. Наблюдать процесс раздувания в сверхранней Вселенной невозможно. Тем не менее, если рассматривать ускоренное расширение Вселенной в наше время как нечто аналогичное начальной инфляции, какие-то косвенные эмпирические доводы в пользу инфляционной модели все же появляются. Многие космологи считают, что инфляционная космология предсказала анизотропию реликтового излучения. Конечно, и это – довод в пользу рассматриваемого сценария. Но космологи разрабатывают также сценарий, в котором инфляции нет (модели, основанные на теории суперструн).

Видное место в обосновании инфляционной космологии занимают, по сути, критерии когерентности и простоты. Так, сценарий хаотического раздувания был выдвинут А.Д. Линде именно в качестве самого простого. В нем не нужны никакие специальные начальные условия, которые буквально «руками» вводились в других сценариях. Заслугой инфляционной космологии считают и объяснение довольно обширного круга теоретических феноменов из единого принципа, что также представляет собой проявление критерия когерентности. Основную роль в почти всеобщем признании инфляционной космологии играет и принцип конкорданса (т.е. согласие в сообществе космологов, которое имеет в большой степени социально-психологическую природу). Но все эти объяснения не являются решающими, нужны новые аргументы.

Наиболее принципиальный момент состоит все же в том, что наблюдательных подтверждений теории инфляции пока не получено. Это говорил В.А. Рубаков, выступая на диспуте в Политехническом музее 31 марта 2010 года. Он считает, что есть серьезные сомнения в необходимости рассматриваемой теории.

В современной космологии довольно часто обсуждается и сакраментальный вопрос: а что было «до» момента $t = 0$, существовала ли тогда физическая реальность какого бы то ни было типа? Ответы на него бывают двоякие: а) вопрос объявляется бессмысленным, «до начала» никакого времени не было, Вселенная возникла из «ничего» вместе со временем. Так считал еще Августин, и его ответ разделяет, на основе своих собственных аргументов, большинство современных космологов; б) несостоятелен сам «миф о начале времени» (Г. Венециано[1]). Вселенная (Мультивселенная) существует вечно и обладает бесконечной историей (или бесконечной совокупностью историй). Современными моделями, описывающими подобный сценарий в рамках теории суперструн, выступают, например, модель Вселенной, эволюционирующей по «петле» времени[2], и модель «отскока», согласно которой эволюция Вселенной описывается бесконечной последовательностью расширений и сжатий[3]. Циклические модели являются альтернативами инфляционной космологии. Они также устраняют парадоксы стандартной модели, включая сингулярность, что говорит, скорее, в их пользу. Но, разумеется, противники теории суперструн имеют в запасе много теоретических аргументов против этих моделей – не говоря уже о том, что их наблюдательная проверка при нынешних наших познавательных возможностях исключена.

---

[1] *Венециано Г.* Миф о начале времен // Космос. Альманах. М., 2006. С. 33–41.

[2] *Gott J.R., Li L.X.* Can be Universe Create Itself // Physical Review. D. 58. 1998. P. 3501.

[3] *Боджовальд М.* В погоне за скачущей Вселенной // http://www.sciam.ru/article/4115

Отмечу еще раз: несмотря на ряд выдающихся открытий, космология в своих теориях пока еще действительно ощущает недостаток эмпирических знаний. Выбор между космологическими теориями и раньше отчасти опирался на эйнштейновский критерий «внутреннего совершенства», который, однако, никогда не был самодостаточным. Теории и модели, которые не удавалось сопоставить с наблюдениями, тихо умирали, сохраняясь, быть может, в «третьем мире» Поппера, но не оказывая влияния на деятельность сообщества космологов. Лишь те космологические теории и модели, которые объясняли наблюдаемые свойства Вселенной или предсказывали новые, ранее не известные (получая «внешнее оправдание»), выживали в развитии теоретического знания. В принципе, ничего не изменилось и сейчас. Космологи-теоретики с нетерпением ждут новых открытий, наблюдатели стремятся догнать теоретиков, и с этой целью запускаются все новые спутники, несущие все более тонкую, изощренную аппаратуру. Современные космологические сценарии, как и все прежние, также оцениваются не только по внутритеоретическим критериям, но и по эмпирическим, какие бы затруднения при этом ни возникали.

Во-первых, некоторые наиболее значимые факты установлены на пределе чувствительности приборов. Во-вторых, они представляют собой интерпретации наблюдательных данных, которые не всегда являются единственно возможными; существуют альтернативные интерпретации одних и тех же эмпирических феноменов. В-третьих, положение, в сущности, еще гораздо хуже, поскольку электромагнитного излучения от этой фазы эволюции Вселенной не возникает, следует искать какие-то принципиально новые источники информации. Пока что мы знаем только о реликтовых гравитонах и нейтрино, наблюдение которых при помощи имеющихся средств невозможно. Отсюда не следует, что космология все-таки столкнулась с принципиальной границей познания. Есть все основания считать, что

с появлением новой экспериментальной техники эта граница будет преодолена, и даст возможность осуществить выбор одной из теорий или моделей сверхранней Вселенной, а значит, и концепции физической реальности, адекватной этому специфическому типу объекта. Космология проникла в новую сферу исследования, для которой необходима новая фундаментальная теория (Теория Всего) и, возможно, новая концепция физической реальности. Не исключено, что она будет обходиться без привычных нам типов элементарных объектов, характерных для современной Вселенной типов взаимодействий, известных форм пространства и времени. Все привычные нам черты физической реальности могли существовать в сверхранней Вселенной только потенциально.

Но в целом современная ситуация сильно напоминает те, которые обсуждает Е.А. Мамчур, говоря об «атмосфере неопределенности», когда «невозможно ни доказательство того, что новая гипотеза верна, ни того, что она не верна»[1]. Подобные ситуации могут быть обусловлены разными причинами. Они могут относиться, как мы видели, к одному из двух типов: не проверяемые «в принципе» и не проверяемые в настоящее время, или «гипотезы-стратегии»[2]. Объекты инфляционной космологии таковы, что в ряде случаев трудно судить, к какому из двух названных типов они относятся.

Квантовая гравитация, сингулярность и реальность. Нельзя не упомянуть еще об одном способе устранения сингулярности из космологии, которое предложено никем иным, как Хокингом, доказавшим, вместе с Пенроузом, ее неизбежность в рамках ОТО. Для описания сверхранней Вселенной, по словам Хокинга, необходимо использовать квантовую теорию гравитации, которой пока нет. Согласно

---

[1] *Мамчур Е.А.* Проблемы социокультурной динамики научного познания. М., 1987. С.57.

[2] Там же. С.59.

Хокингу, мы можем быть совершенно уверены, что в ней квантовая теория будет формулироваться на основе сумм по траекториям, т.е. историям частиц. Это предполагает, что она следует каждым из возможных путей в пространстве-времени. Истории каждой частицы описываются парой чисел, одно из которых характеризует размеры волны, второе – ее фазу. Частица может миновать некоторые особые точки типа сингулярности. Но рассмотрение истории частиц, в виду практических трудностей, надо вести «не в реальном времени, привычном для нас, а в мнимом». При этом «различие между пространством и временем совершенно стирается»[1].

Квантовая теория тяготения, по Хокингу, предлагает совершенно новую возможность избежать сценария, в котором классическое пространство-время возникает в сингулярности. Пространство-время может быть конечным, но не иметь ни «сингулярностей, в которых нарушаются законы физики, ни края пространства-времени, который заставил бы нас апеллировать к Богу или выводить новый закон граничных условий пространства-времени. Скажем так: граничные условия для Вселенной состоят в отсутствии у нее границ. Вселенная должна быть абсолютно замкнутой и независимой от чего-либо лежащего вне ее. Ее нельзя ни создать, ни уничтожить. Она должна просто существовать». Хокинг подчеркивает, что это всего лишь научная гипотеза, которая «могла быть изначально подсказана эстетическими или метафизическими соображениями...»[2]. Но подтвердить или опровергнуть ее могут лишь наблюдения.

По Хокингу, «Только описание Вселенной на основе мнимого времени избавит нас от сингулярностей»[3]. Но подобное описание противостоит описанию истории Вселенной в «реальном времени», при использовании которого ее

---

[1] *Хокинг С.* Теория Всего. СПб, 2009. С. 89.

[2] *Хокинг С.* Там же. С. 92.

[3] Там же. С. 93.

расширение происходит согласно инфляционной теории и «что-то вроде сингулярности в начале и в конце неизбежно». Хокинг продолжает: «Возможно, это предполагает, что именно так называемое мнимое время является основным, а то, что мы называем реальным временем, есть лишь плод нашего ума», так сказать «не более чем идея, придуманная нами для описания своих представлений о Вселенной». Бессмысленно спрашивать, «что подлинно – реальное или мнимое время. Суть лишь в том, какое из них удобнее использовать для описания»[1]. Эта позиция Хокинга вызывает сильные споры среди космологов. Многие относятся к понятию «мнимого времени» неприязненно, считая его введенным неконструктивно. Конечно, утверждение, что «мнимое время» является чем-то более реальным, чем время реальное – звучит слишком парадоксально. Суть дела в том, что считать реальностью в физике и космологии. Если реальность – не более, чем теоретический конструкт, то придираться можно только к терминологии, т.е. языку науки. Но ведь что и каким термином обозначать, во многом зависит от конвенции. Цитированная формулировка выглядит типично позитивистской, но все философские размышления Хокинга направлены на поиск свойств реального мира, так что термин «мнимое время» не должен гипнотизировать. Смысл этого термина нуждается в дальнейшем эпистемологическом анализе, и он изменится, если нас заботит отношение теории к исследуемым аспектам объективной реальности.

Соглашаясь с Хокингом, что понимание реальности в неклассической физике и космологии зависит от теории, я вкладываю в это утверждение не тот же смысл, что и он. По моему мнению, речь идет не о самой реальности (физического) мира, а о концепции реальности, которая получает свою определенность в теории. Объяснение такой зависимости мы находим в механизмах математической гипотезы,

[1] Там же. С. 93–94.

которой пользуются физические науки. Концепция реальности возникает в процессе интерпретации теории, включая ее эмпирическую интерпретацию. Обоснование теории (ее верификация или фальсификация) происходит в процессе сопоставления следствий теории с экспериментами и наблюдениями. Тем самым, вместе с теорией получает (или не получает) обоснование и связанная с ней концепция реальности. Через теорию концепция реальности – и в этом вопросе я расхожусь с философскими высказываниями Хокинга, получает выход в объективный мир. В физике углубление концепций реальности (научных картин мира) происходило при исторической смене теорий – от ньютоновской механики к специальной и общей теории относительности, к квантовой механике и квантовой теории поля. Теория Всего (если она будет создана), вероятно, включит в себя новую обобщенную концепцию физической реальности, еще более адекватную «природе вещей». Рискну высказать предположение, что и эта теория не обязательно будет описывать так называемую «последнюю реальность», о существовании которой иногда говорят. Для оправдания сошлюсь на принцип неисчерпаемости материального мира, из которого вытекает относительность всех границ познанного, как определенных вех в бесконечном процессе познания. Естественно, для тех, кто не признает упомянутый принцип, ссылка на него ни в чем не убедит. Но в прежней физике реальность не рассматривалась как становящаяся во времени. В космологии же ситуация иная. Она включает необходимость описания и объяснения последовательной смены реальностей, как фазовых переходов, характеризующих эволюцию самой Вселенной. Одни сценарии описывают эти переходы как необратимые изменения, связанные с нарушениями симметрий разного типа. Физическая реальность выступает здесь как становящееся бытие, включающее переход от вакуума как реальности виртуальных частиц до действительности в сменяющих друг друга формах: кварк-глюонной плазмы, атомных ядер,

атомов, молекул, звезд галактик, от суперсилы до четырех известных сейчас физических взаимодействий, от пространственно-временной «пены» до пространства и времени теории относительности. Другие сценарии воспроизводят возможные циклические изменения Вселенной на фоне сильной необратимости. Но в любом случае происходящая в ходе эволюции Вселенной смена не только структур, но и типов физических реальностей придает этой науке особый статус. Как говорил Дж. Уилер, вся физика (благодаря космологии) «становится столь же историчной, как сама история»[1]. Человеческая история включается в историю Вселенной.

Теории и сценарии будущего Вселенной. Современные космологические теории рисуют сценарии отдаленного будущего Вселенной. Экстраполяции производятся на временные интервалы порядка 10^{100}–10^{150} лет. Намечена перспектива устранения призрака «тепловой смерти» Вселенной, который постоянно будоражил космологов ранее.

В *космологии Фридмана* модель будущего Вселенной (Метагалактики) зависела от ее средней плотности. Если эта плотность $\leq 10^{-29}$г/см^3 – Вселенная описывается моделью бесконечного расширения, если же она больше названного предела – Вселенная будет осциллировать (пульсировать). Теоретически были выделены эры конца монотонно расширяющейся Вселенной. В чрезвычайно отдаленном будущем последовательно заканчиваются: эра звезд (т.к. исчерпываются источники их энергии); эра галактик (образующие их потухшие звезды рассеиваются в пространстве космоса); адронная эра (что связано с предполагаемым распадом протона); эра черных дыр (в силу их «испарения»); эра электрон-позитронной плазмы, компоненты которой в конечном счете аннигилируют. Это последнее состояние хаоса мало чем отличается от «тепловой смерти». Модель осцил-

[1] *Уилер Дж.* Квант и Вселенная // Астрофизика, кванты и теория относительности. М., 1982. С. 555.

лирующей Вселенной описывала будущее Метагалактики как процесс перехода ее расширения в сжатие и возврат к сингулярности, после чего снова начиналось расширение и т.д. А.А. Фридман писал по этому поводу: «Невольно вспоминается сказание индусской мифологии о периодах жизни...»[1]. Но Я.Б. Зельдович и И.Д. Новиков показали, что продолжительность цикла осцилляции должна неуклонно сокращаться из-за роста энтропии, т.е. опять-таки приводить к «тепловой смерти». Современная наука приоткрывает, однако, новые возможности устранения из картины мира призрака «тепловой смерти» Вселенной.

Прежние представления о «тепловой смерти» сменяются в современной инфляционной космологии сценарием «самовоспроизводящейся раздувающейся Вселенной», который был предложен А.Д. Линде. Он ввел понятие вечного раздувания, описывающего эволюционный процесс, который распространяется как цепная реакция. Если Метавселенная содержит по крайней мере одну раздувающуюся область достаточно больших размеров, то эта область начинает «производить» новые раздувающиеся области. В одной области раздувание может прекратиться, но другие будут продолжать раздувание. Общий объем всех этих областей, отмечает А.Д. Линде, будет бесконечно расти. «По существу, одна раздувающаяся Вселенная извергает из себя другой раздувающийся пузырь, тот, в свою очередь, – третий, четвертый и т.д.». Этот процесс, названный А.Д. Линде «вечным раздуванием», образует «ветвящуюся структуру вселенных, похожую на фрактал. В таком сценарии Вселенная как целое (т.е. Метавселенная – В.К.) вечна. Каждая отдельная часть ее может возникнуть из сингулярности где-то в прошлом и закончить свое существование сингулярностью в будущем. Но нет конца эволюции всей

[1] *Фридман А.А.* Мир как пространство и время // Избр. труды. М., 1965. С. 317.

Вселенной»[1]. Подчеркнем еще раз – под Вселенной понимается в данном случае Метавселенная. Мини-вселенные возникают и исчезают, но никакого единого конца этих процессов нет, как нет у них и единого начала. По сути, говоря о самовоспроизводящейся раздувающейся Вселенной, А.Д. Линде имеет в виду процесс бесконечной самоорганизации природного мира. Рождение новых мини-вселенных сопровождается флуктуациями всех физических параметров. Каждая из новых мини-вселенных обладает, согласно теории, своим собственным набором физических законов и условий, констант, включая размерность пространства-времени. «Вселенная в целом вечно юная, сама себя воспроизводящая из «вакуумной пены» и поэтому не стареющая»[2], – пишет И.Д. Новиков, буквально повторяя сказанные много десятилетий назад слова К.Э. Циолковского (именно ему принадлежит выражение «вечная юность Вселенной»[3]).

Другой подход к рассматриваемой проблеме, но приводящий к тому же конечному выводу, был сформулирован И. Пригожиным. Смысл его выражен так: «...мы отходим от замкнутой Вселенной, в которой все задано, к новой Вселенной, открытой флуктуациям, способной рождать новое»[4]. Вселенная как термодинамически открытая неравновесная система, согласно Пригожину, подчиняется законам, асимметричным по отношению к прошлому и будущему. Это нисколько не противоречит фундаментальности принципа возрастания энтропии, его космологической экстраполируемости. Но следует отбросить «путеводный миф классической науки» – о «неограниченной предсказуемо-

---

[1] *Линде А.Д.* Самовоспроизводящаяся раздувающаяся Вселенная // Физика, № 20, 1996. С. 10.

[2] *Новиков И.Д.* Как взорвалась Вселенная. М, 1988. С. 157.

[3] *Циолковский К.Э.* Знаменательные моменты моей жизни // Циолковский К.Э. Сборник статей. М., 1939. С. 15.

[4] *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 1985. С. 216.

сти» будущего, который разделяют и многие современные космологи. Для нелинейных диссипативных структур этот принцип оказывается неприменимым. Следовательно, открывается еще один подход к осмыслению проблемы отдаленного будущего Вселенной: к неограниченным экстраполяциям, включая и вывод о «тепловой смерти», следует относиться с осторожностью.

Мы наблюдаем во Вселенной не монотонное угасание процессов, а, напротив, повсеместное становление, возникновение новых структур и качеств. Это, как вполне резонно отмечает В.С. Степин, созвучно представлениям о мире, подобном огромному живому организму, которые свойственны философии Востока[1]. Добавим, что оно встречается также у Платона, Бруно, К.Э. Циолковского (который писал, что «все живо», т.е. способно к бесконечной самоорганизации). Космология стремится, в пределах своих концептуальных возможностей, выразить эту древнюю идею современным научным языком.

Каковы же эпистемологические основания подобных экстраполяций? Как полагают Ф. Адамс и Г. Лафлин, сценарии будущего Вселенной основаны всего на «одном дополнительном догмате нашей веры. Мы полагаем, что законы физики останутся такими же и не изменятся с течением времени, по крайней мере, до завершения временной шкалы нашей летописи. И хотя мы не располагаем абсолютной гарантией справедливости этого допущения, мы не видим веской причины сомневаться в нем»[2]. Но оказывается, что неявных гипотез, на которых основываются экстраполяции космологических сценариев будущего, больше, чем считали названные авторы. Например, то, что экстраполируются в будущее теории современной физики вполне естественно, раз Теории Всего пока нет. Но само многообразие подходов к проблеме будущего Вселенной показыва-

[1] См. *Степин В.С.* Теоретическое знание... С. 691.

[2] *Адамс Ф, Лафлин Г.* Пять возрастов Вселенной. В глубинах физики вечности. М.–Ижевск, 2006. С. 9.

ет ее сложность. Находясь на пороге создания Теории Всего, можем ли мы быть уверены, что она не внесет в картину будущего Вселенной существенных изменений? Не скажутся ли на огромных временных интервалах эффекты, не заметные при экстраполяциях в прошлое? Как быть с учетом возможных синергетических ограничений? И совсем простой вопрос: что изменит в сценарии будущего включение в него ускоренного расширения Вселенной? Основным фактором при оценке сценария будущего Вселенной остается все же невозможность их эмпирической проверки, даже косвенной. У нас нет и никогда не будет фактов, позволяющих верифицировать или фальсифицировать экстраполяции, охватывающие 10^{150} лет на основе стандартных критериев. Не являются ли тем самым подобные сценарии «метафизическими»? С моей точки зрения это не так, но важно осознавать, что обоснование этих сценариев переносится с эмпирического критерия («внешнего оправдания») на критерии «внутреннего совершенства», т.е. когерентности знания. В какой мере при обсуждении этого круга проблем необходимо будет что-то менять в идеалах и нормах доказательности знания – особый вопрос. Но следует надеяться, что космологи не потеряют вкус к эмпирическим знаниям и всегда будут использовать их для повышения обоснованности сценариев будущего Вселенной.

Космология и условия существования наблюдателя. Примечательная особенность космологии состоит в том, что, выясняя отношение ее теорий к реальности, мы познаем не только целостные физические свойства Вселенной, но и мегаскопические условия нашего существования, о чем говорил Б. Картер, рассматривая численные значения некоторых физических констант. Они связаны антропным принципом. Но Картер еще не знал, что благоприятное для появления наблюдателя сочетание констант не было «изначальным», а появилось на инфляционной стадии эволюции, которая, выходит, также является одним из условий нашего существования. Мы наблюдаем нашу Вселенную,

Метагалактику не откуда-то извне, а как существа, являющиеся ее неотъемлемой частью, порожденные целым и его антропными измерениями. Свойства Метагалактики должны допускать возможность нашего существования. Не служит ли тем самым факт существования наблюдателя аргументом в пользу теории инфляции и против альтернативных теорий? Конечно, сам подход: «Вот человек, какой должна быть Вселенная?», выдвинутый Уилером, к сожалению, оказался не очень плодотворным среди внеэмпирических критериев выбора космологических сценариев, моделей и типов реальностей. Но он оказывается очень весомым при обсуждении проблемы: существовала ли природа до человека. Космология, по моему мнению, оставляет мало простора для философских спекуляций на эту тему.

И.Л. Розенталем был предложен еще один принцип, который также исходит из «взрывной неустойчивости» Вселенной к вариациям фундаментальных констант, но не включает ссылки на человека. Он был назван принципом целесообразности и, в свою очередь, используется как дополнительный внеэмпирический критерий при обосновании теоретического знания в космологии. Принцип целесообразности состоит в том, что наши основные физические закономерности, так же как и численные значения фундаментальных постоянных, являются не только достаточными, но необходимыми для существования во Вселенной основных устойчивых состояний[1]. Метагалактика с действующими в ней закономерностями и численными значениями фундаментальных констант оказывается гигантской флуктуацией во Вселенной. Об этом, в частности, свидетельствуют сравнительно малые значения массы электрона и разности масс протона и нейтрона, которые необходимы для возникновения сложноорганизованных структур. Специфика принципа целесообразности состоит, таким обра-

[1] *Розенталь И.Л.* Теория элементарных частиц и принцип целесообразности // Астрономия и современная картина мира. М., 1996. С. 183–192.

зом, в том, что проблема изменения значения фундаментальных постоянных связывается в нем не с фактом существования наблюдателя, а с существованием основных физических состояний, которые он наблюдает. Вот примеры применения принципа целесообразности в качестве внеэмпирического критерия отношения теории к реальности в космологии.

Будем рассуждать, например, так. Неустойчивость структуры Метагалактики к вариациям численных значений фундаментальных констант имеет, как будто, лишь два объяснения: 1) фундаментальные константы изменяются с течением времени. Мы живем в эпоху, когда сочетание констант благоприятно для появления наблюдателя (П. Дирак); но эта гипотеза противоречит фактам; 2) тогда остается единственная возможность – допустить в соответствии с хаотическим сценарием инфляционной космологии множественность внеметагалактических объектов (других вселенных), у каждой из которых свои законы и сочетания констант. Принцип целесообразности оказывается с данной точки зрения аргументом в пользу существования этих объектов, приобретающим особый вес за неимением эмпирических свидетельств.

Таким образом, вырисовывается еще один подход к оценке космологических сценариев, в котором переплетены эмпирические и метаэмпирические знания. Для нашей Вселенной, Метагалактики характерно сочетание констант, которое обусловило появление в ней иерархии сложных структур. Это, с одной стороны, эмпирический факт: численные значения фундаментальных констант определяются из экспериментов и наблюдений. С другой – каждая из констант приобретает смысл только в контексте определенной фундаментальной теории. Вывод о взрывной неустойчивости Метагалактики к малейшим вариациям констант «нагружен» контекстом всей по сути теоретической физики, но никакой объясняющей теории на этом уровне знания еще нет. Такой теорией не является инфляционная

космология. Она позволяет предположить, что наблюдаемые сочетания фундаментальных констант представляют собой флуктуацию, т.е. возникли случайно, но не объясняет, почему значения констант те, а не иные. Это, по-видимому, задача Теории Всего, которая и станет подлинно объясняющей теорией для рассматриваемого факта, погрузив его в свой контекст. Но еще не получив объяснения, факт известного из наблюдения сочетания фундаментальных констант используется космологами в качестве косвенного критерия для обоснования современных представлений о Мультиверсе (Метавселенной). Например, этот факт можно использовать как аргумент в пользу реальности сценария хаотической инфляции, а поскольку он органически включает в себя модель Мультиверса, интерпретационный уровень расширяется еще более. Тот же факт – наблюдаемое сочетание констант погружают в еще более абстрактный теоретический контекст, рассматривая как аргумент в пользу реального существования до 10^{100} других вселенных, метагалактик[1]. Столь косвенные доказательства теоретических выводов применяют в современной космологии довольно часто. Особенно когда затрагивается существование объектов, принципиально не наблюдаемых современными средствами. Эмпирические критерии переплетены здесь с критерием когерентности знания и другими внеэмпирическими критериями. Для сторонников одной парадигмальной ориентации такие доводы являются убедительными, для сторонников других – нет.

Как оценить динамику стремительно меняющейся ситуации в современной космологии? По этому поводу высказаны диаметрально противоположные взгляды. Особенный резонанс вызывает тот факт, что известна природа лишь примерно 4 % вещества, образующего нашу Вселенную, а природа остальных 96 % (так называемого, «темно-

[1] *Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д.* Космология и физический вакуум. М., 2004. С. 203.

го сектора») – загадочна. (Хотя, как я пытался показать, это лишь наиболее вероятная, но не единственно возможная интерпретация ускоренного расширения Вселенной). Эпистемологическая суть этой ситуации, на мой взгляд, вполне понятна: 1) растущее, но все еще недостаточное количество эмпирических знаний, не всегда надежно установленных и в ряде случаев не обладающих, к тому же, необходимой точностью; 2) «противоречие встречи» фундаментальных теорий, что позволяет строить лишь «гибридные» модели ранней Вселенной. Некоторые исследователи оценивают ее как новую научную революцию, но слышны рассуждения и о кризисе в космологии. Думаю, что оба типа оценок правомерны, поскольку подчеркивают разные стороны развития космологии наших дней.

Наличие такого рода ситуаций в космологии, находящейся на «переднем крае познания», не должно, однако, быть поводом для «глубокого удовлетворения» антисциентистов: наука-де опять зашла в тупик. Как раз напротив! Космология совершила колоссальный скачок, охватив научным исследованием недоступные области природы. Наши понятия, средства и традиционные методы исследования зачастую плохо адаптированы к новым познавательным ситуациям, создаваемым необычными типами реальности. Но познание не останавливается. Не могу не вспомнить слова А.А. Фридмана, написанные в 1923 г.: «Пока... математический анализ складывает свое оружие перед трудностями вопроса, и астрономические исследования не дают еще достаточно надежной экспериментальной даты для экспериментального изучения нашей Вселенной. Но в этих обстоятельствах нельзя не видеть лишь затруднений временных; наши потомки, без сомнения, узнают характер Вселенной, в которой мы обречены жить...»[1].

---

[1] *Фридман А.А.* Мир как пространство и время // Избр. труды. М., 1965. С. 322.

Е.А. Мамчур

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ «ИРОНИЧЕСКОЙ НАУКОЙ»?

Американский журналист, научный обозреватель журнала «Scientific American» Дж. Хорган десять лет тому назад опубликовал книгу с провоцирующим названием «Конец науки», в которой он развивал тезис, согласно которому фундаментальная наука подошла к своему концу[1]. Хорган утверждал, что ученые уже раскрыли большую часть загадок мироздания, разгадкам которых посвящает себя фундаментальная наука. На Западе книга Хоргана была встречена большей частью ученых с неодобрением. Это нашло свое отражение как в многочисленных рецензиях, так и в откровенных высказываниях на конференциях и симпозиумах. Книга была переведена в России, но особого внимания нашей научной общественности не привлекла. Совсем недавно редакция журнала "Discover" обратилась к Хоргану с просьбой прокомментировать те взгляды на науку, которые он высказал десять лет тому назад. Хорган откликнулся статьей, в которой подтвердил некоторые из высказанных им ранее аргументов, от других отказался, третьи смягчил[2].

Я не буду рассматривать здесь ни аргументы Хоргана, высказанные им в поддержку его тезиса о конце науки, ни

---

[1] *Horgan J. The* End of Science. Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age. Adison-Wesley, 1996.

[2] *Horgan J.* The Final Frontier. Discover. Oct. 2006.

саму проблему конца науки. Для меня его книга и статья лишь повод для того, чтобы высказать свое мнение по одному действительно важному вопросу. Я рассмотрю только один аргумент упомянутых работ, который с точки зрения их автора свидетельствует о том, что современная фундаментальная наука подходит к своим пределам. Хорган утверждает, что многие из областей фундаментального научного знания превратились в «ироническую» науку. Он не разъяснил, что он понимает под иронической наукой, но из контекста его рассуждений ясно, что речь идет о теориях, радикально отличающихся от теорий предшествующей физики своими методами и характером основополагающих принципов. В качестве типичных примеров он указывает на современную космологию и теорию суперструн.

Хотя коллективная монография, в которую пишется данная статья, посвящена современной космологии, я коснусь в ней не только космологии, но и теории суперструн. И основанием для этого служит то, что теория суперструн тесно связана с современной космологией, поскольку она претендует на то, чтобы быть теоретическим основанием ранней космологии. Основной тезис, который я буду обосновывать, состоит в том, что и теория суперструн, и современная космология в плане методологии являются обычными теориями. Их методы не отличаются от тех, которые применяются во всей предшествующей классической и неклассической физике и астрономии. Их действительное отличие состоит: 1) в формулируемой в этих теориях онтологии, которая многими воспринимается как экзотическая; и 2) в том, что эти теории пока явно недостаточно обоснованы экспериментально и наблюдательно. Тем не менее, оба этих отличия критиками рассматриваемых теорий сильно преувеличиваются: на самом деле они, во-первых, не являются чем-то новым в физическом познании, а выступают естественным продолжением тех тенденций, которые давно наметились здесь; и, во-вторых, они вовсе не

недостаток самих теорий, у них есть объективные основания, лежащие в особенностях исследуемых этими теориями объектов.

Итак, суперструнная теория претендует на роль теоретического основания ранней космологии. (Еще одно ее приложение в современной космологии – это физика черных дыр). Стандартная модель физики элементарных частиц, так же как и ее теоретическая база – квантовая теория поля (КТП), справедливы только для пост-планковской эры; мир планковских масштабов величин (эпоха до 10^{-43} сек. после Большого взрыва) они описать и объяснить не в состоянии. Дело в том, что два фундаментальных столпа, на которых базируется все здание современной физики – квантовая механика (КМ) и общая теория относительности (ОТО), мирно сосуществующие и прекрасно работающие в режиме пост-планковских масштабов, в области планковских масштабов величин оказываются несовместимыми, поскольку в этом режиме они противоречат друг другу. Для разрешения конфликта необходимо построить квантовую теорию гравитации, которая разрешила бы этот конфликт и смогла бы выступить теоретической основой для реконструкции закономерностей планковского мира. На эту роль и предназначается теория суперструн (наряду с рядом других подходов – петлевым, теорией твисторов и т.д.)

Теория струн, с точки зрения ее авторов и приверженцев, обладает существенными методологическими преимуществами по сравнению со стандартной моделью физики элементарных частиц[1]. Она описывает и объясняет не только все то, что описывает и объясняет стандартная модель – три типа частиц и три негравитационных взаимодействия; она объясняет больше. Как считают ее привер-

[1] Подробно см., *Грин Брайан.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2004.

женцы, она разрешает фундаментальное противоречие между КМ и ОТО, что не может сделать стандартная модель; теоретически обосновывает существование гравитации, что было невозможно ни в ньютоновской, ни в эйнштейновской теориях гравитации; дает объяснение и обоснование многим из тех явлений, которые в стандартной модели не могут быть объяснены: здесь они просто берутся из эксперимента.

Так, исходя из единого принципа, согласно которому все наблюдаемые свойства элементарных частиц – проявление различных типов колебаний струн, теория струн объясняет тот факт, что существуют именно три, а не больше и не меньше, семейства подлинно элементарных (далее неразложимых) частиц; в ней дается объяснение, почему эти частицы обладают именно теми параметрами, которыми они обладают и т.д. В отличие от стандартной модели с 19 свободными параметрами, которые могут подгоняться для обеспечения согласия теории с экспериментом, в теории струн свободных параметров нет. Важное преимущество, которое выгодно отличает эту теорию от стандартной модели, состоит также в том, что она свободна от ультрафиолетовых расходимостей.

Правда, все эти достижения покупаются достаточно высокой ценой. Приходится вводить большое количество новых физических понятий, таких как суперсимметрия, дополнительные размерности пространства (в последнем варианте теории их 10, в то время как обычное пространство-время имеет только 4 измерения), бесконечное число полей с произвольными массами и спинами и т.д. До сих пор ни одна из этих сущностей не была обнаружена в эксперименте. Все это говорит о том, что теория суперструн представляет собой интересную гипотезу, но отнюдь не хорошо обоснованную теорию.

Существующие уровни энергии, которыми оперируют в физике элементарных частиц, недостаточны для того,

чтобы получить данные для проверки любого из выдвинутых подходов к квантовой теории гравитации, в том числе и теории струн. В сентябре 2008 г. в ЦЕРН'е запущен новый кольцевой ускоритель – Большой адронный коллайдер (БАК). Есть надежды, что полученная на нем энергия частиц – она будет находиться в тетрадиапазоне (диапазон энергий, когда сталкиваются две частицы с суммарной энергией 1тетраэлектронвольт – 10^{12} эв.), будет достаточна для того, чтобы подтвердить или опровергнуть многие из предположений, выдвинутых в физике элементарных частиц.

Однако многие специалисты считают, что полученной энергии не «хватит» для экспериментальной проверки теории суперструн: она слишком далека от требуемой. Нужны планковские уровни энергии (10^{28} эв). В связи с этим физики ищут косвенные подтверждения. Например, через подтверждение суперсимметрии – существование которой следует из теории суперструн. Если бы удалось обнаружить частицы-суперпартнеры, которые предполагаются концепцией суперсимметрии, это было бы важным доказательством того, что теория суперструн находится на верном пути. Большие надежды в этом плане возлагают также на те данные, которые получают в современной космологии, изучающей процессы и условия, существовавшие в момент Большого взрыва. Процессы, происходившие в то время, являются природной лабораторией, в которой можно получать подтверждения (или опровержения) теории струн. «Не обладая ускорителями, способными разгонять частицы до энергий порядка планковской, мы будем вынуждены постоянно опираться на данные экспериментов «космологического ускорителя» Большого взрыва – на то, что разбросано этим взрывом по всей Вселенной», – пишет уже цитировавшийся специалист в области теории суперструн Брайан Грин[1].

[1] *Грин Брайан.* Элегантная Вселенная ... С. 239.

Таким образом, пока авторы и приверженцы теории суперструн рассчитывают только на косвенные подтверждения. У этой теории нет прямого экспериментального гида, как это было при создании и КМ, и стандартной модели физики элементарных частиц. (У квантовой механики, например, в качестве такого гида выступали данные спектрального анализа, с объяснением которых классическая электродинамика не справлялась. Квантовая теория блестяще объяснила характер спектров, что явилось одним из ее подтверждений). Но это не столько недостаток самой теории суперструн, сколько результат того, что наука «забралась» слишком далеко, и «копает» слишком глубоко.

Но в целом ситуация с теорией суперструн и ее конкуренцией с другими подходами мало чем отличается от обычной научной практики. Такие ситуации – вполне типичны для научного познания и его истории. В ней работают те же методологические принципы, что и в предшествующей физике, такие, например, как принцип соответствия, эстетический критерий. Так, как утверждают авторы теории, при изучении низкоэнергетических процессов или на достаточно больших расстояниях струну можно рассматривать как точечную частицу в формализме КТП. Но это и есть принцип соответствия, согласно которому новая теория при определенных значениях характеристических параметров (в данном случае – величины энергии и расстояний) переходит в старую теорию. Эстетический критерий, часто играющий роль внеэмпирического критерия отбора теорий в классической и неклассической физике, в теории суперструн выполняет функцию одного из главных критериев. Это объясняется тем, что эмпирический критерий в этой области знания пока не работает, и приходится уповать на методологические соображения.

Так же как и во всей предшествующей физике, теория суперструн строится как гипотетико-дедуктивная модель теоретического знания. Выдвигаются гипотезы, формули-

руются математические уравнения, отражающие закономерности поведения идеальных объектов теории, из них получают следствия, которые затем сопоставляются с данными экспериментов. Те идеальные объекты теории, которые предполагаются существующими в действительности, представляют собой онтологию теории. Выше уже говорилось, что многим физикам онтология теории суперструн представляется экзотической. Известно, что эта теория исходит из того, что самые элементарные компоненты Вселенной не точечные, а протяженные объекты. Они представляют собой крошечные одномерные волокна, подобные бесконечно тонким непрерывно вибрирующим резиновым лентам. Эти волокна-струны выступают ультрамикроскопическими компонентами, из которых состоят частицы, образующие атомы. Их размер сопоставим с планковской длиной (10^{-33} см). Согласно теории струн все вещество Вселенной и все взаимодействия обязаны одной величине – колеблющейся струне.

Предположение о протяженном характере элементарных объектов физики, на первый взгляд, выглядит довольно странно и представляется произвольным. Многие исследователи считают, что оно пришло в физику ниоткуда, что дало основание известному физику-теоретику Карло Ровелли охарактеризовать эту гипотезу как «дикую»[1].

Также странно и непривычно звучит предположение о дополнительных размерностях пространства: все измерения пространства, помимо тех четырех, которые присущи окружающему нас миру, объявляются свернутыми. Но разве не казалась нам странной онтология квантовой теории в период ее формирования? Разве не кажется она странной и сейчас? Корпускулярно-волновой дуализм, предполагающий, что объекты микромира обладают одновременно

[1] *Rovelli C.* Quantum Gravity. Cambr.,Cambridge University Press, 2008. P. 419–420.

и волновыми, и корпускулярными свойствами (частица – это точечный объект, а волна – нечто бесконечно размазанное в пространстве); явление суперпозиции состояний (квантовый объект может находиться сразу во всех возможных состояниях); индетерминизм и вероятностное поведение микрообъектов – все это настолько не укладывалось в привычную классическую картину мира, что даже творцам новой теории при осознании сути открываемых ими законов нередко казалось, «будто почва уходит из-под ног»[1]. Тем не менее, квантовую теорию мы уже как-то «переварили». Мы привыкли и к ней, и к ее «странностям». Но так ли позитивно и толерантно относились к ней ее современники, свидетели ее становления и той «драмы идей», которые его сопровождали? То, что это чисто риторический вопрос, хорошо знают историки науки.

Кстати, опыт неклассического физического познания является большим психологическим подспорьем для ученых, разрабатывающих современные теории физики: ободренные успехом «странной» онтологии квантовой механики и не менее непривычной онтологии ОТО, они продолжают смело действовать в том же духе. Физик-теоретик Р. Пенроуз пишет так: «Достижения физики XX века – квантовой механики, теории относительности – показали, до какой степени могут вводить в заблуждение непосредственные интуитивные соображения, а также то, что «реальность» может коренным образом отличаться от тех картин, которые были созданы физикой предшествующих поколений»[2]. Так что «экзотичность» онтологии теории струн – проявление той тенденции, начало которой связано с появлением неклассической физики, и никакой особой

---

[1] *Гейзенберг В.* Шаги за горизонт. М., 1987. С. 197; Einstein A. Autobiografical notes // Albert Einstein: Philosopher-scientist. N.Y., 1949, P. 45.

[2] *Пенроуз Роджер.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. М., Ижевск, 2007. С.724

новой экзотичности в характере онтологии теории струн нет.

Обратимся к современной космологии, которая, по Хоргану, также является «иронической» наукой. Я не специалист в области космологии. Но я читаю курс лекций по «Концепциям современного естествознания», в ходе которых мне неизбежно приходится излагать студентам сущность современных космологических воззрений. Так что разбираться в них мне приходится. В этой связи рискну заметить, что, как представляется мне, вопреки Хоргану, современная космология в гораздо меньшей степени, чем теория суперструн, может быть охарактеризована как «ироническая» наука. В этой области знания ситуация значительно более благоприятная: здесь почти каждая новая гипотеза оказывается основанной на результатах астрономических наблюдений. Исключение составляет только одна небольшая часть – квантовая космология, цель которой – теоретически реконструировать мир величин планковского масштаба, где проявляет себя несовместимость ОТО и КМ. Грин пишет об этом так: «Несовместимость общей теории относительности и квантовой механики проявляется только в очень глубоко запрятанном королевстве Вселенной»[1]. На теоретическую реконструкцию этого мира, как мы уже писали, претендует теория суперструн (и несколько других подходов). Что касается пост-планковского мира, он описывается неплохо обоснованными экспериментально стандартной моделью физики элементарных частиц и ее теоретическим основанием – КТП (квантовой теорией поля).

Теория струн позволяет усовершенствовать стандартную космологическую модель. Так, например, она помогает устранить понятие исходной сингулярности, которое существовало в стандартной космологической модели и

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная … С. 94.

было явно неудовлетворительным с методологической точки зрения. Суть проблемы была в том, что, согласно стандартной модели, в момент Большого взрыва (в нулевой момент времени) размер Вселенной становится равным нулю, а температура и плотность обращаются в бесконечность. Такой вывод бросает тень на всю теорию и сеет сомнение в ее способности объяснить Большой взрыв. Что касается теории струн, то из нее следует, что Вселенная должна иметь не нулевой, а минимально допустимый размер.

По отношению к остальной космологии (речь идет о стандартной, т.е. фридмановской космологической модели и об инфляционной модели) можно сказать, что ее методы, как плохие, так и хорошие, не отличаются от тех, которые использовались во всей предшествующей физике. И все «плохие» методы, которые могли бы дать основание считать космологию «иронической» наукой, можно обнаружить в истории физики и астрофизики.

Так, верно (и здесь Хорган прав), что в космологии оперируют гипотезами ad hoc. В отличие от «нормальных» гипотез эти последние не могут быть проверены *независимо*. Фактически весь новый этап в развитии космологии, а, именно, создание инфляционной модели был сформулирован для «данного случая», в частности, для того, чтобы разрешить некоторые парадоксы стандартной космологической модели.

Один из них – так называемый *парадокс горизонта.* Как известно, суть его в следующем. В настоящее время в нашей Вселенной любые две области, как бы далеко они не находились друг от друга, имеют одинаковую температуру реликтового излучения. В рамках стандартной космологической модели это явление объясняли тем, что в ранней истории Вселенной эти области были очень близки друг к другу, так что они могли обмениваться тепловой энергией и приобрести одинаковую температуру. Однако это, ка-

залось бы естественное, объяснение сталкивается с большими трудностями и оказывается несостоятельным. Дело в том, что любое взаимодействие передается не мгновенно, а с конечной скоростью, не большей, чем скорость света. Для передачи взаимодействия требуется время. И этого времени должно быть достаточно, чтобы взаимодействие осуществилось. Расстояние между взаимодействующими областями должно быть меньше того расстояния, которое пройдет свет с момента Большого взрыва. Так, области, отстоящие друг от друга на расстоянии 300000 км, могли провзаимодействовать, только если с момента Большого взрыва прошло чуть больше одной секунды.

Стандартная модель «отпускала» на взаимодействия слишком мало времени: в ней Вселенная расширялась недостаточно быстро для того, чтобы некогда близкие области, которые сейчас находятся на колоссальных расстояниях, могли провзаимодействовать так, чтобы их температура выровнялась. Чтобы сделать объяснение возможным, пришлось ввести инфляционную стадию, когда в течение очень короткого промежутка времени (10^{-36} – 10^{-34} сек) Вселенная расширилась 10^{30}, а не в сотню раз, как это следовало из стандартной модели.

Другим примером гипотезы ad hoc в современной космологии является предположение о существовании Мультиверса. Согласно этой гипотезе помимо нашей Вселенной существует множество других. Это предположение было выдвинуто, в частности, для того, чтобы сохранить возможность рационального объяснения так называемого антропного принципа. Суть антропного принципа – в необычайно тонкой «подогнанности» параметров фундаментальных частиц и взаимодействий к тем значениям, которые обеспечивают саму возможность возникновения и существования в ней человека. Если бы эти параметры были хотя бы чуть-чуть другими – в нашей Вселенной не смогла бы зародиться жизнь, возникнуть и существовать человек.

Например, достаточно было бы небольших изменений в соотношении сильного и электромагнитного взаимодействий, чтобы во Вселенной не смогли существовать стабильные ядра большого числа элементов периодической системы Менделеева. Электромагнитное взаимодействие заставляет находящиеся в ядре протоны взаимно отталкиваться. И если бы сильное взаимодействие было бы недостаточно «сильным», протоны не удержались бы вместе в ядре, и ядра распались. Это привело бы к тому, что в нашей Вселенной не могло бы возникнуть вещество, звезды, галактики, и таким образом не появилось бы условий для возникновения органической материи, жизни и, наконец, человека.

Точно также, если бы силы гравитации были бы меньшими, чем они есть на самом деле, вещество не смогло бы собраться в звезды, галактики, а, значит, опять-таки, не могла бы возникнуть жизнь. Для многих философов наиболее приемлемым объяснением антропного принципа является аргумент *от теологии* или от некоего «космического разума». Напрашивается вывод, что наша Вселенная была задумана и создана такой, чтобы в ней мог появиться человек. Но рационалистически мыслящих ученых такое объяснение не устраивает. Они ищут возможность объяснить антропный принцип, оставаясь на почве рациональности. Для многих из них единственный способ сделать это – предположить, что помимо нашей Вселенной существует множество других (идея Мультиверса). Согласно этой точке зрения упомянутая «подогнанность» параметров частиц и взаимодействий, о которых идет речь в антропном принципе, является случайностью; она характерна только для нашей Вселенной. В других вселенных параметры частиц и взаимодействий могут быть совершенно иными, никакой «подобранности» постоянных величин нет, и никакой антропный принцип там просто не может быть сформулирован[1].

---

[1] См., напр., *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. М., 2001. С. 171–174.

Альтернативную попытку сохранить научный характер объяснения предпринял известный физик и космолог Смолин Ли (кстати один из авторов петлевого подхода к квантовой гравитации). Он отказался от идеи объяснить существующие параметры частиц и взаимодействий, обращаясь к антропному принципу, но также прибег к идее мультиверса. Он выдвинул предположение, что в Космосе действует нечто аналогичное дарвиновской эволюции. Существует космический вариант «генетических мутаций», действует «отбор». Источником новых вселенных являются черные дыры, возникающие в той или иной вселенной. Благодаря «мутациям» каждая новая вселенная может иметь параметры частиц и взаимодействий, несколько отличающихся от тех, которыми обладала первоначальная вселенная, породившая новую. Благодаря «отбору», «выживают» те вновь образующиеся вселенные, которые наилучшим образом приспособлены для производства черных дыр. Таким образом, это объяснение подразумевает, что у космической эволюции есть «цель», суть которой – максимальное размножение вселенных.

В рамках этого объяснения наша Вселенная – типичный образец одной из зрелых вселенных Мультиверса. И параметры существующих в ней частиц и взаимодействий являются такими, что могут способствовать наиболее эффективному производству черных дыр. Малейшее отступление от этих параметров неизбежно уменьшило бы ее способность образовывать черные дыры, а, следовательно, и новые вселенные[1].

Ученые очень осторожно и настороженно относятся к гипотезе Смолина. Она действительно производит стран-

[1] *Грин Брайан.* Элегантная Вселенная... С. 239. См. также работу известного историка науки Schweber S.S. The Metaphysics of Science at the end of a Heroic Age // Experimental Metaphysics. Quantum Mechanical Studies for Abner Shimony, vol. one. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht, 1997. P. 173.

ное впечатление. Излагая ее, я поневоле понаставила кавычек, взяв, в частности, в кавычки такие термины как «генетические мутации вселенных», «отбор», «цель» космической эволюции. Это должно подчеркнуть метафоричность применения идей дарвиновской эволюции к миру Мультиверса.

Так что идея Мультиверса может квалифицироваться, да и квалифицируется многими астрономами, как гипотеза ad hoc. Самым удручающим при этом является убежденность большинства космологов в том, что эта гипотеза никогда и не сможет быть проверена независимо. Предполагается, что вселенные Мультиверса не связаны причинно с нашей, так что мы никогда не сможем вступить с ними в контакт.

Конечно, оперирование гипотезами ad hoc – это очень плохой метод. Тем не менее, иногда в науке к нему прибегают. И, опять-таки, иногда этот метод оказывается плодотворным. Во всяком случае, если выдвинутая гипотеза связана с надеждами на дальнейшее продвижение вперед, ученые рискнут ее принять и будут ждать до тех пор, пока прямым или косвенным образом удастся подтвердить или опровергнуть выдвинутое предположение.

Подобные случаи имели место в истории науки. Типичным примером является гипотеза нейтрино. Она была сформулирована для того, чтобы спасти здание физики, которое рушилось прямо на глазах. Речь идет о явлении ß-распада нейтрона. Он распадается на электрон и протон. Эти частицы фиксировались экспериментально, и все было как будто бы в порядке. За исключением одного – энергия (равно как импульс и момент количества движения) нейтрона до распада были больше, чем суммарная энергия продуктов распада – электрона и протона, что противоречило соответствующим законам сохранения. Куда-то исчезала часть энергии (а также импульса и момента количества движения). Можно было, конечно, пожертвовать неко-

торыми законами сохранения, в частности, законом сохранения энергии. Но это было настолько нежелательно, что большинство ученых отвергло этот путь. Чтобы спасти положение, не пожертвовав законами сохранения, В. Паули выдвинул гипотезу, согласно которой энергия уносится неизвестной ранее частицей, которая впоследствии получила название «нейтрино». Поскольку в эксперименте нейтрино не фиксировалось, предположили, что эта частица не взаимодействует с веществом.

На протяжении многих лет нейтрино существовало только на бумаге и в головах физиков. Но, в конце концов, оно было открыто. Поначалу предположение о существовании нейтрино казалось типичной гипотезой ad hoc, да оно и было таковой. Но оно сыграло огромную роль в развитии физики элементарных частиц.

Примеров таких гипотез в истории физики много. Это и знаменитая гипотеза Планка о дискретном характере излучения, приведшая, в конце концов, к созданию квантовой механики, и Λ-член, введенный Эйнштейном в уравнения общей теории относительности для того, чтобы спасти идею стационарности Вселенной. Физиками введение Λ-параметра воспринималось как гипотеза ad hoc. Да и сам Эйнштейн говорил об этой гипотезе как о своей самой большой ошибке. Но неожиданно она нашла свое вполне рациональное истолкование в современной космологии[1]. В настоящее время делаются попытки ассоциировать ее с силой антитяготения, ответственной за ускоренное расширение Вселенной[2].

---

[1] В этой связи очень убедительно выглядит замечание В.В. Казютинского о том, что приписывать Эйнштейну интерпретацию Λ-члена в духе антитяготения – значит неправомерно модернизировать его взгляды. См. по этому поводу Казютинский В.В. Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007.

[2] *Чернин А.Д.* Темная энергия и всемирное антитяготение // Успехи физических наук. Т. 178, № 3. Март 2008.

Еще одна особенность современной космологии, которая может быть квалифицирована как признак «иронической», «плохой» науки – это ее преимущественно ретросказательный характер. (Кстати, эта особенность присуща и теории суперструн). Почти все объяснения, которые делаются на основе современной космологической теории, имеют дело с уже открытыми фактами, будь то данные астрономических наблюдений или обнаружившиеся теоретические трудности. Конечно, такие ретроспективные объяснения – также большой успех теории, но гораздо более предпочтительным было бы, если бы теория ***пред***сказывала *новые, до сих пор неизвестные* эффекты, и эти предсказания подтверждались бы данными наблюдений. Это говорило бы о том, что в данной теории удалось «ухватить» некую достоверную информацию о самой природе.

Но современная космология почти не делает предсказаний. В самом деле, гипотеза о существовании темной материи была призвана объяснить уже известное из эксперимента несовпадение величины отношения массы большого числа галактик к их светимости с данными астрономических наблюдений. Это несовпадение было открыто экспериментально и, космологическая модель не имела к этому никакого отношения, она с помощью гипотезы о темной материи «справилась» с этим экспериментальным наблюдением «задним числом».

Аналогично обстояло дело и с фактом, послужившим другим основанием для предположения о темной материи. Речь идет о том, что без допущения о ее существовании невозможно было объяснить, почему галактики в скоплениях галактик не разбегаются под давлением раскаленного межзвездного газа. Расчеты показывали, что величина взаимного тяготения, создаваемого только массами галактик, оказывалась недостаточной для их удержания, и для объяснения явления требуется дополнительная масса, роль которой и сыграла темная материя.

Да и предположение о существовании инфляционной фазы в расширении Вселенной – также носит характер ***после***сказания: нужно было, как отмечалось выше, справиться с некоторыми трудностями космологической модели, в частности с парадоксом горизонта. Явление равенства температур реликтового излучения для очень удаленных друг от друга областей Вселенной также было открыто экспериментально, и современная космологическая теория объяснила его ретроспективно, введя предположение о существовании инфляционной фазы.

Одно из немногих действительных ***пред***сказаний современной космологии было сделано С. Хокингом. Суть его – в утверждении о возможном свечении черных дыр. Хокинг выдвинул предположение, что черные дыры не являются такими уж черными и могут светиться. Суть явления в следующем. Рядом с горизонтом событий черной дыры происходит постоянное взаимодействие виртуальных частиц, на мгновение появляющихся из вакуума и аннигилирующих друг с другом. Гравитационная сила черной дыры может засасывать одну из частиц такой пары. Тогда вторая частица, потеряв партнера, не сможет аннигилировать. Напротив, она получает энергию от гравитационного поля черной дыры и выталкивается из нее. Наблюдающий за этим процессом (разумеется, с безопасного расстояния от черной дыры) будет воспринимать его как исходящее из черной дыры излучение. Такое излучение для типичной черной дыры очень слабо. Экспериментально обнаруживаемым оно оказывается только для черных дыр очень малой массы. К сожалению, пока это ***пред***сказание Хокинга не нашло своего экспериментального подтверждения. Как шутит он сам, это плохо, потому что если бы оно подтвердилось, он бы сразу получил Нобелевскую премию[1].

Когда-то известный методолог и философ науки Имре Лакатош охарактеризовал теории, которые лишь ретро-

[1] *Грин Брайан.* Элегантная Вселенная… С. 219.

спективно ассимилируют уже открытые явления, как находящиеся в *дегенеративной* стадии. Он утверждал, что если есть возможность выбора между теориями, которые активно предсказывают новые, ранее неизвестные факты, и эти предсказания хотя бы изредка подтверждаются (и таким образом находятся в *прогрессивной* стадии своего развития), и дегенерирующими теориями, ученые должны предпочитать и на самом деле предпочитают первые.

Тем не менее, ретроспективные объяснения существовали и в предшествующем познании. Можно вспомнить в связи с этим об объяснении на основе ОТО явления аномальной прецессии перигелия, открытого в XIX в. Леверье. Суть его в том, что реальная орбита, по которой эта планета вращается вокруг Солнца, не совпадает с той, по которой Меркурий должен был бы вращаться согласно ньютоновскому закону всемирного тяготения. Предлагались самые разные объяснения этого явления – от гравитационного воздействия на Меркурий неизвестной планеты до воздействия межзвездной пыли или сплюснутости Солнца. Но ни одно из них не было признано научным сообществом в качестве верного. Правильное объяснение удалось найти Эйнштейну после того, как он рассчитал орбиту, используя уравнения ОТО. Совпадение с реальной орбитой было прекрасным. Этот успех был одной из главных причин, почему Эйнштейн поверил в свою теорию. «Но большинство других исследователей ожидало предсказания новых явлений, а не объяснения уже известных аномалий», – пишет Грин, ссылаясь на книгу Пайса, подробно описавшего это событие в творческой деятельности Эйнштейна[1]. Тем не менее, несмотря на некоторую неудовлетворенность многих физиков, никто не характеризовал на этом основании ОТО как ироническую науку, и объяснение

[1] *Pais A.* Subtle is the Lord. The Science and the Life of Albert Einstein. N.Y. 1982. Цит. по Грин Б. Элегантная Вселенная ... С. 253.

аномальной прецессии перигелия Меркурия считается одим из важнейших данных, подтверждающих ОТО.

Так что то, что Хорган называет «иронической» наукой, явление не новое, оно неоднократно имело место в истории научного познания, ничуть не помешав ему двигаться вперед. Особенности современной космологии, которые отмечает Хорган, никак не свидетельствуют о приближении науки к ее пределам.

Между тем, как утверждают два известных американских космолога Л. Кросс и Р. Шеррер, современная космология обладает такой особенностью, которая действительно может привести к ее концу, правда в очень отдаленном будущем. К сожалению, Хорган упустил эту сторону дела. Речь идет о специфике самого исследуемого объекта космологии – *расширяющейся Вселенной.* Ускоренный характер расширения приводит к тому, что с течением времени исчезают наблюдательные данные, свидетельствующие в пользу теории Большого взрыва. Так что астрономы далекого будущего (если, конечно, они еще сохранятся) будут создавать уже совсем другую науку[1]. Остановимся на этом чуть подробнее.

Авторы статьи имеют в виду такие данные, как 1) разбегание галактик, 2) реликтовое изучение и 3) химический состав межзвездного газа. Что произойдет с этими данными в далеком будущем? С течением времени далекие галактики уйдут за горизонт событий, в то время как близкие нам галактики (туманность Андромеды и ряд других галактик) благодаря взаимному тяготению сольются с Млечным путем и образуют гигантское скопление звезд. Астрономы будущего будут ощущать себя живущими в островной вселенной, погруженной в пустое пространство (в результате

[1] См. *Кросс Лоренс* и *Шерер Роберт*. Наступит ли конец космологии? Ускоряющаяся Вселенная уничтожает следы своего прошлого // В мире науки, [06] июнь 2008.

ускоренного расширения вещество будет все больше рассеиваться, а пространство все больше пустеть), как это считалось во времена Ньютона. (Эти воззрения просуществовали до 1908 г.). Реликтовое излучение рассеется, и его невозможно будет зарегистрировать. Такие же метаморфозы произойдут и с ключевым аргументом в пользу справедливости теории Большого взрыва – химическим составом материи Вселенной. Известно, что эта материя почти полностью состоит из водорода и гелия, которые образовались в эпоху первичного нуклеосинтеза (первые три минуты после Большого взрыва, когда температура Вселенной была от 10 до 1 млрд. градусов). Эта ситуация почти не изменилась за все то время, которое прошло после Большого взрыва (14 млрд. лет) Химический состав меняется в результате «деятельности» звезд в сторону увеличения процентного содержания гелия и уменьшения доли водорода: в совершающихся в звездах термоядерных реакциях водород сгорает, превращаясь в гелий. Астрономы далекого будущего, не имея никаких сведений о Большом взрыве и процессах нуклеосинтеза, естественно будут считать, что избыток гелия – это результат только тех процессов, которые совершаются в звездах.

Так что, если космологи будущего не будут знать о работах современных нам космологов, они не будут иметь почти никаких данных наблюдений, которые позволили бы им считать, что их островная вселенная когда-то возникла и расширялась. Собственно, и космологии не будет; на смену ей придет астрономия.

Как утверждают авторы цитируемой статьи, все это произойдет через 100 млрд. лет. Срок настолько огромный, что у многих космологов статья вызывает только улыбку. Авторы и сами понимают, что указываемый ими срок является просто фантастическим. За это время не только человечество может исчезнуть, может исчезнуть и сама Земля, и Солнечная система. Но дело ведь не в сроках, а в прин-

ципе. Речь идет о том, что существуют объективные основания для исчезновения космологии как науки. Авторы статьи прогнозируют не на пустом месте. Описываемая ими тенденция существует уже в настоящее время, и их прогноз вполне может реализоваться, если только не вмешаются какие-либо побочные обстоятельства. Вселенная уже сейчас, благодаря ускоренному расширению, как говорят авторы, «стирает следы своего прошлого».

Возвращаясь к основной проблеме нашей статьи и подводя некоторые итоги сказанному, можно утверждать: никаких серьезных оснований так уж иронизировать над современной космологией не существует. Мы просто попали в самую гущу событий. Идет процесс построения современного космологического знания. Выдвигаются модели, сталкиваются мнения и гипотезы; необходимо набраться терпения и ждать. Возможно, ждать придется долго. Но другого пути постичь наш Космос рационально у нас просто нет. Да к тому же, разве это не прекрасно быть свидетелями той «драмы идей», которая разворачивается на наших глазах, и невольными участниками которой мы оказываемся (пусть даже только читая работы космологов и в меру своих сил осмысливая их)? Вспомним слова поэта: «Блажен, кто посетил сей мир в его минуты роковые. Его призвали всеблагие как собеседника на пир»!

С.Н. Жаров, Н.А. Мещерякова

СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ: У ИСТОКОВ НОВОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ

Если специально не оговаривать значение терминов, то слово «космология» в первую очередь вызывает ассоциации не столько с наукой, сколько с идущей из глубокой древности попыткой человека дойти до предельных оснований, охватив мысленным взором мир в целом. Начиная с Аристотеля, учение о космосе обозначило тот рубеж, на котором научная рациональность не может уклониться от метафизического вопрошания об истоках сущего. Развитие космологии сдвигает классически понятые границы между физикой и метафизикой, что свидетельствует о смысловом переплетении физического и метафизического в космологическом дискурсе. Можно согласиться с В.В. Казютинским, который, констатируя неудачу многократных попыток провести жесткую границу между наукой и метафизикой, полагает, что и в современной космологической проблематике эта граница «окажется как бы “скользящей”»[1].

Революционные изменения в способе мышления, породившие науку Нового времени, были неразрывно связаны с трансформацией космологии и ее метафизических оснований. Как отмечает Бергсон, «современная наука это дочь астрономии; она сошла с неба на землю по плоскости, под-

---

[1] *Казютинский В.В.* Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 206.

ставленной ей Галилеем...»[1]. Однако в своем стремлении к духовной автономии новая наука постаралась максимально обособиться от породившего ее метафизического контекста. Но если в других науках метафизическое измерение можно спрятать, одев в математические формулы и заслонив операциональными определениями, то в космологии метафизика обнаруживает себя уже в самом наименовании предмета – *Вселенная* (*универсум*), *мир в целом*. Какие бы термины мы не использовали, здесь всегда будут пересекаться два дискурса: один исходит из конструктивного оформления опыта, другой – из умопостигаемого единства сущего. Собственно говоря, мы только что воспроизвели внутреннюю логику известной кантовской антиномии. В результате возникает парадоксальное решение – рациональность, родившаяся из союза физики и космологии, устами Канта отрекается от вопросов о Вселенной (в терминологии Канта – о «мире в целом»).

В контексте реальной истории познания кантовская критика не столько ограничила развитие научной мысли, сколько высветила «предельный» характер космологических проблем, побудив к переосмыслению предмета научной космологии, что нашло свое отражение в известных дискуссиях 70–80 гг. прошлого века. Однако модельно-конструктивный статус современной космологии не в силах избавить ее от метафизической проблематики. Даже если метафизика не принимает участия в эксплицитном определении *предмета* космологии, она так или иначе остается парадигмальной основой *космологической рациональности*. Более того, существенные изменения в принципах построения моделей вновь приводят к актуализации метафизического смысла космологической предметности.

[1] *Бергсон А.* Творческая эволюция // Бергсон А. Творческая эволюция. Материя и память. Минск, 1999. С. 373.

Это особенно ярко проявляется там, где космология встречается с космогонией.

Вплоть до XX века вопрос о возникновении Вселенной проходил главным образом по ведомству религии и мифологии. Современная космология, следуя по пути, проложенному Фридманом, придает этой проблематике принципиально новое содержание, не отменяя, однако, мировоззренческую остроту темы. «Прикосновение к великой тайне начала Вселенной является, может быть, самым волнующим моментом в развитии естественных наук. Счастье жить в такое время и ощущать драматический момент мужания человеческого познания»[1], – писал акад. Я.Б. Зельдович в своей программной статье в «Успехах физических наук».

Космология XX века обычно не рассматривалась философией науки как начало новой рациональности; в ней, как правило, видели сферу применения идей, оформившихся в других теоретических дисциплинах. Такой подход был вполне объясним несколько десятилетий назад, но сегодня он вызывает по меньшей мере сомнение. Современный космологический дискурс стремительно меняет лицо науки, сдвигая привычные грани между возможным и действительным, между фантастикой и реальностью. Достаточно заглянуть в номера «Успехов физических наук» за последнее десятилетие, чтобы увидеть, как то, что полвека назад было излюбленным сюжетом фантастов, перекочевало в заголовки научных статей.

Особое место в революционных изменениях в понимании вселенной занимает инфляционная космология. Физический мир, ранее мыслившийся в единственном числе, предстает в виде бесконечной цепи миров, каждый из которых рождается как результат флуктуации вакуума и невооб-

---

[1] *Зельдович Я.Б.* Теория вакуума, быть может, решает загадку космологии // Успехи физич. наук. 1981. Т. 133. Вып. 3. С. 502.

разимо быстро раздувается («инфляция») до размеров наблюдаемой нами Вселенной. «Вселенная разбивается на мини-вселенные, в которых реализуются все возможные типы (метастабильных) вакуумных состояний и все возможные типы компактификации (многомерного пространства. – *Авт.*), при которых может реализоваться режим раздувания»[1].

Казалось бы, этот переворот должен был породить всплеск интереса к естествознанию. Всякий, кто интересовался историей науки, не мог не заметить мощного культурного отклика на открытия Эйнштейна и Фридмана. Однако сегодня появление нового образа Вселенной не сопровождается сколько-нибудь ощутимым культурным резонансом. «Социокультурная ассимиляция инфляционной космологии содержит любопытный момент, – отмечает В.В. Казютинский. – Являясь чрезвычайно революционной по своей сути, новая космологическая теория не вызвала особого "бума". Прошло уже около 20 лет после появления первого варианта этой теории, но она... не стала источником мировоззренческих дискуссий, хотя бы отдаленно напоминающих ожесточенные баталии вокруг теории Коперника... или вокруг теории А.А. Фридмана. Это поразительное обстоятельство нуждается в объяснении»[2].

Действительно, осмысление причин этого по меньшей мере странного явления позволит многое понять как в современной культуре, так и в современной науке. М. Шелер в свое время писал об изначально присущем человеку «метафизическом чувстве»[3], заставляющем изобретать метафизические идеи и очаровываться ими. Как могло случить-

---

[1] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 59.

[2] *Казютинский В.В.* Инфляционная космология: теория и научная картина мира // Философия науки. М., 2000. Вып. 6. С. 29.

[3] *Шелер М.* Философское мировоззрение // Шелер М. Избр. произведения. М., 1994. С. 4.

ся, что метафизическое чувство современного человека не отреагировало на столь радикальные нововведения, и мир культуры оказался равнодушен к тому, что для самих физиков является счастьем прикосновения к тайне начала Вселенной? Сам В.В. Казютинский указывает на три причины. *Первая* (и, по его мнению, основная) – падение интереса к научному знанию, которое интенсивно заменяется разного рода суррогатами, *вторая* – сложность самой теории; наконец, *третья* связана с культурным стереотипом единственности Вселенной[1]. Добавим к этому списку еще одно обстоятельство, на наш взгляд, весьма существенное, ибо оно восходит не просто к тем или иным факторам, но к истокам современной культурной ситуации.

Прежде всего необходимо учитывать отмеченное еще Ч. Сноу различие «двух культур»[2]. Стоит только перейти из естественнонаучных аудиторий на «гуманитарную половину» университета, как мы попадем в среду, где господствуют совершенно иные стандарты дискурса. Сегодня гуманитарная культура менее всего склонна держаться за старые стереотипы, скорее наоборот, она готова некритически усваивать все, что способно удивить и шокировать. Но тогда почему яркие идеи современной космологии (множественность физических миров, незавершенность вечно обновляющейся мультивселенной) не воспринимаются как нечто необычное?

Здесь поневоле вспоминаются кантовские слова о благоговении и удивлении, которые рождаются при обращении мысли к *звездному небу надо мной и моральному закону во мне*[3]. Фактически, Кант указывает на две базисных интенциональности человеческого существования. И если

---

[1] См.: *Казютинский В.В.* Инфляционная космология: теория и научная картина мира // Философия науки. М., 2000. Вып. 6. С. 29.

[2] См.: *Сноу Ч.* Две культуры. М., 1973. 143 с.

[3] См.: *Кант И.* Критика практического разума // Кант И. Соч.: в 6 т. М., 1965. Т. 4, ч. 1. С. 499.

современный человек равнодушен к тому, что научная мысль буквально перевернула привычное ему «небо», значит, еще до космологических новаций произошло нечто очень существенное – и с мыслью, и с самим европейским человеком.

Случившееся есть закономерное следствие эпохи модерна, поставившей мысль на место бытия и осуществившей последовательное «расколдование мира» (М. Вебер[1]). И чем большую власть обретала новоевропейская рациональность, тем больше она изгоняла из мира человеческий смысл. Превращаясь в рациональную конструкцию (по словам Г. Когена, «звезды находятся не в небе, а в учебниках астрономии»[2]), небо постепенно лишалось своей чарующей и притягательной силы. Широкой интерес к открытиям Эйнштейна был характерен для того короткого и неповторимого этапа, когда наука только начала воссоздавать вселенную «из формул», и для широкой публики звездное небо еще не растворилось в уравнениях, но, напротив, подарило им свое таинственное очарование. Эта культурная ситуация прекрасно описана в книге А. Пайса.

«Причина уникального положения Эйнштейна имеет глубокие корни и... несомненно, связана со звездами... и с языком. Вдруг появляется новая фигура, «внезапно прославившийся доктор Эйнштейн». Он несет откровение о новом строении Вселенной. Он – новый Моисей, сошедший с горы, чтобы установить свой закон; он – новый Иисус, которому подвластно движение небесных тел. Он говорит на непонятном языке, но волхвы уверяют, что звезды подтверждают его правоту. <...> Поведайте человечеству о таких открытиях, как рентгеновское излучение или атомы, и оно будет благоговеть перед вами. Что же говорить о

[1] *Вебер М.* Избр. произведения. М., 1990. С. 180, 714, 733–734.

[2] Цит. по: *Куренной В.* Философия и педагогика Пауля Наторпа // Наторп П. Избр. работы. М., 2006. С. 10.

звездах, которые всегда были в легендах и мечтах человечества!»[1].

А потом все пошло «по Когену», и звезды переселились в учебники астрономии.

Но если в естественных науках бытие было замещено мыслью, то гуманитарное мышление пошло гораздо дальше. Именно здесь зародился постмодерн, подменивший и мысль, и бытие *игрой со знаками*. А там, где мир есть игра, само собой появляется тема многовариантного мира. Это относится не только к элитарной, но и к массовой культуре. Достаточно вспомнить, что, начиная с 80-х годов, Голливуд активно обыгрывает темы параллельных вселенных, выбора, стоящего у истоков индивидуальной и мировой судьбы и т.д. Можно сказать, что массовое сознание привыкло к такого рода идеям еще до того, как они обрели парадигмальный статус в самой науке. Но в привычке скрывалась опасность – для массового человека наука представала не столько как постижение бытия, сколько как *игра с реальностью*, более того, сама жизнь становилась *игрой в реальность*.

И в самом деле, если реальность доступна человеку главным образом в своем виртуальном варианте (а именно так и обстоит дело в культуре постмодерна[2]), то различие действительного и образно-символического, реального и виртуального оказывается весьма условным. Широко известный факт – в восприятии среднего американского телезрителя непрерывно транслировавшаяся в прямом эфире война в Заливе мало чем отличалась от голливудских постановок, и ее «реальность» в значительной мере определялась впечатлением, созданным телевизионной картин-

---

[1] *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М. 1989. С. 299.

[2] См. об этом: *Гумбрехт Х.У.* Производство присутствия: Чего не может передать значение. М., 2006. 184 с.

кой. «Раньше символическое будило воображение и стимулировало изменение внешнего. Сегодня создается нечто утопическое, которое без особых усилий, благодаря овладению современными масс-медиа и рекламой образами, формами, цветами, воплощается на экране и создает иллюзию реальности. Процесс симуляции зашел так далеко, что утратилось само различие фантазии и реальности»[1], – пишет Бодрийяр. Постмодерн вовлекает мысль в погоню за всем, что будоражит воображение, и тем самым делает ее суетливой и неразборчивой, не позволяя удержать внимание на чем-то серьезном и безусловном.

Если говорить о восприятии научных достижений, то сегодня имеет место своеобразная сублимация метафизического чувства: манящая к себе глубина (то, что в мире мысли представало как идея и сущность) подменяется символическими играми разума. И если для современного массового сознания игра в реальность выступает как некая данность, то на уровне постмодернистской рефлексии мы видим стремление обосновать ее универсальную значимость.

Постмодерн и научная рациональность

Если модерн переступил черту, за которой мысль становится на место бытия, то постмодерн прошел этот путь до конца, подменив понимание *интерпретацией*, а живую спонтанность бытия – *знаком*. Стремясь прервать «тотализирующий дискурс» модерна, человек «эпохи знака» не нашел ничего лучшего, как отдаться миру фикций. Ю. Хабермас (возможно, сам того не желая) дал вполне постмодернистскую трактовку этого переворота, заключив, что «модерный, полностью рационализированный мир сегодня можно расколдовать, только превратив его в види-

[1] *Бодрийяр Ж.* Америка. СПб., 2000. С. 19.

мость...»[1]. С другой стороны, нельзя не видеть открытость постмодерна концептуальным новациям. Разве идея множества виртуальных миров не объединяет постмодернистскую культуру с современной наукой?[2] И разве не напрашивается вывод, что в постмодерне мы находим своеобразное продолжение и развитие великой онтологической идеи XX века – идеи *незавершенности* как *принципиальной незавершаемости* бытия? Ответ на эти вопросы можно получить, оставив за скобками броские декларации и сравнивая действительное онтологическое содержание соответствующих концепций.

Именно интуиция незавершенности бытия позволила философии и науке XX века преодолеть тавтологичность онтологических структур классики (мир как «грандиозная тавтология», по Пригожину[3]). Постмодернизм и в самом деле принимает интуицию незавершенности мира и человека. Однако эта всеядная философия берется за всё (по большей части не ею самой впервые созданное) лишь затем, чтобы исказить это «всё» до неузнаваемости. Глубокая мысль хайдеггеровской онтологии об экзистенциальной неопределенности человека принимает вид тотальной деконструкции, доходящей до сознательного разрушения всякой смысловой определенности вообще. Не лучше обстоит дело и с постмодернистским пониманием незавершенности мира. Поначалу может создаться впечатление внутреннего родства постмодернистского и синергетического мировидения. Показательно название одной из глав

---

[1] *Хабермас Ю.* Философский дискурс о модерне. М., 2003. С. 120–121.

[2] Конечно, при этом следует учитывать, что «...постмодернизм, принимая идею множественности миров, отказывается от идеи выделенного (т.е. действительного. – *Авт.*) мира» (*Мамчур Е.А.* Объективность науки и релятивизм: (К дискуссиям в современной эпистемологии). М., 2004. С. 40).

[3] См.: *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М., 1986. С. 95.

книги Ж.-Ф. Лиотара: «Постмодернистская наука как поиск нестабильности»[1]. Согласно Лиотару, эта наука идет к новому взгляду на системы (и прежде всего на самое себя), используя представление о нестабильности, неопределенности, катастрофичности системных процессов. «Интересуясь неопределенностями, ограничениями точности контроля... конфликтами с неполной информацией, “fracta”, катастрофами... постмодернистская наука строит теорию собственной эволюции как прерывного, катастрофического, неизгладимого, парадоксального развития. Она меняет смысл слова “знание” и говорит, каким образом это изменение может происходить»[2]. Аналогичные интуиции выражены и у Ж. Бодрийяра. Как и всякая новая структура, новый смысл «может рождаться и в простой игре хаоса и случайности»[3]. Однако следует задуматься о том, насколько меняются значения терминов при переходе из контекста науки в контекст постмодернистского дискурса.

Для синергетики (и вообще для научного мышления) смысл и порядок есть необходимая онтологическая ступень, так сказать, разумное дитя хаоса. В постмодернистском дискурсе, напротив, порождение смысла ставится в один ряд с порождением логических «монстров»[4] – здесь стремятся «подавить искушение смысла»[5], «претендуют на подрыв смысла»[6]. Для науки незавершенность мира есть закон самого мироустройства, форма проявления *безусловного* принципа. Вселенная постмодерна незавершена лишь потому, что *условна*. Интенция постмодерна – это бегство от любого несводимого к условности порядка.

---

[1] *Лиотар Ж.-Ф.* Состояние постмодерна. М.; СПб., 1998. С. 130.

[2] Указ. соч. С. 143.

[3] *Бодрийяр Ж.* Соблазн. М., 2000. С. 241.

[4] См.: Там же.

[5] Цитируемые Бодрийяром слова Барта, см.: Бодрийяр Ж. Указ. соч. С. 240.

[6] *Бодрийяр Ж.* Указ. соч. С. 241.

В научно-теоретической космологии речь идет о многообразии миров, каждый из которых рожден случайностью, но эта случайность дарит миру его собственную необходимость, его объективные законы и физические константы. В дискурсе постмодерна возможные миры имеют *сугубо символический* характер. Каждый из таких миров в любой момент готов превратиться в нечто иное; породивший его случай не дает ему никаких бытийных скреп, ибо у истоков стоит случайность, тождественная семантическому произволу. Иначе говоря, для постмодерна случайность и условность лежат в одной логической плоскости. Напротив, новая физика открывает случайность, укорененную в безусловности самой природы. Это означает не только хорошо известную онтологическую реабилитацию случайности. Здесь мы видим естественнонаучное преодоление классического философского воззрения, согласно которому безусловное однозначно отождествляется с завершенным. Конечно, не стоит забывать, что философия еще до физики пришла к новому пониманию безусловного. «Философия жизни» и «фундаментальная онтология» первыми отказались от отождествления онтологической безусловности с онтологической завершенностью. Сартр выразил это в знаменитой формуле: «существование предшествует сущности». Однако мы полагаем, что данный афоризм имеет онтологический смысл, выходящий за пределы собственно экзистенциализма: «...Это новая онтология вообще, онтология становления. А потому два... откровения XX века (сартровское "существование предшествует сущности" и пригожинское "от хаоса к порядку"), рожденные в разных предметных областях, логически совпадают»[1].

---

[1] *Мещерякова Н.А.* Случайность в детерминистской онтологии: проблема легитимизации (Эйнштейн и Пригожин) // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 116.

В XX веке революционные сдвиги в философской и естественнонаучной онтологии шли в одном направлении, хотя и не ведая друг о друге. Сегодня складывается иная ситуация – гуманитарии начала XXI века большей частью видят свое призвание в том, чтобы растворить бытие в череде символических игр, и, может быть, именно естествознанию предстоит дать толчок гуманитарной мысли, разбудив ее от постмодернистского гипноза. А если естественные науки сами поддадутся этому гипнозу, они рискуют присоединиться к постмодернистскому царству теней, где смысл теряет связь с бытием.

В этой связи интересно посмотреть на постмодерн сквозь призму вопроса о жизненном мире эпохи. Введенное Гуссерлем понятие жизненного мира не просто указывает на сферу дорефлективной данности. Оно выводит нас к тому конкретно-историческому смысловому полю, в котором совершается первая причастность человека постигаемому бытию[1]. Облекаясь в «одеяние идей», исходные онтологические интуиции остаются в науке, храня в себе живую связь с «самими вещами». А потому рождение новой рациональности всегда связано с обращения к жизненному миру, хранящему первичную данность бытия[2]. Так вот, постмодерн не просто трансформирует жизненный мир, он убивает его, делая его онтологически бессмысленным, и то, что по языковой инерции хочется именовать «жизненным миром постмодерна», на деле оказывается

[1] См.: *Гуссерль Э.* Метод прояснения // Современная философия науки: Знание, рациональность, ценности в трудах мыслителей Запада: хрестоматия. – 2-е изд., перераб. и доп. М. С. 365–375; *Его же.* Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология (введение в феноменологическую философию) // Вопр. философии. 1992. № 7. С. 136–136 и др.

[2] См. об этом: *Жаров С.Н.* Жизненный мир как исток всех теоретически возможных миров // Теоретическая виртуалистика: Новые проблемы, подходы и решения. М., 2008. С. 55–78.

безжизненным калейдоскопом оторванных от бытия значений (означающие без означаемых). Впрочем, сам постмодерн прекрасно понимает характер совершаемого им переворота, ибо рефрен «пост» здесь означает – после *смысла*, после *бытия*, после *человека*.

Мы привыкли называть неклассической ту науку, основы которой были заложены в первой половине прошлого века. Однако в смысловом мире этой науки есть то, что объединяет ее творцов с классиками всех прошлых веков – это уверенность в существовании истины, в которой нам открывается сама реальность. Наука долгое время воспринималась культурой как рациональный способ приобщения к безусловному. Пожалуй, лучше всего это удалось выразить Эйнштейну. По Эйнштейну, в храм науки людей прежде всего влечет «...желание уйти от будничной жизни с ее мучительной жестокостью и безутешной пустотой, уйти от уз вечно меняющихся собственных прихотей. Эта причина толкает людей с тонкими душевными страстями... в мир объективного ви́дения и понимания»[1]. Но именно неизбывная тяга человека к безусловному и стала первой жертвой постмодерна.

Начиная с Платона, известно, что человек может быть порабощен «тенями бытия» (образ пещеры). Но в платоновскую пещеру все же проникает зовущий свет высшего смысла. В мире постмодерна нет иного света, кроме тех бликов, которые создаются игрой поверхностных значений. Здесь человек даже не может осознать нехватку смысла – ведь пресловутая «деконструкция» нужна постмодерну для того, чтобы дезавуировать само стремление к смыслу и бытию. Это проявляется и в отношении к науке. «Человек постмодерна всё еще опирается на науку, но по-

[1] *Эйнштейн А.* Мотивы научного исследования // Эйнштейн А. Собр. науч. трудов: в 4 т. Т. 4. М., 1967. С. 40.

настоящему в нее уже не верит»[1]. Постмодернистский человек уже не ищет духовного оправдания своему существованию и своей науке. Познание теряет величественный смысл поиска истины, воспринимаясь как нечто промежуточное между интеллектуальной игрушкой и прагматическим инструментом.

Человек, привыкший отдавать свои силы служению истине, неизбежно испытывает внутренний кризис, когда эта цель теряет свой смысл, свою духовную авторитетность. И тогда возникает потребность возобновить порванную смысловую нить, которая озаряла внутренним светом его жизнь, давая ему чувство призвания и духовного достоинства. И если культура отказывает науке в причастности к безусловному, она оставляет ученому две возможности – либо обрести мнимую свободу в стихии постмодернистского произвола, либо искать религиозное оправдание научной истины.

Как постмодернистский образ мышления, так и религиозное отречение от Ratio сходятся в одном: и в том и в другом случае дискредитируется онтологическая значимость научной рациональности. Если в первой половине XX века дискуссии об интерпретации квантовой теории и создавали ощущение чрезмерной «гносеологизации» естествознания[2], то в более общей перспективе они прокладывали путь к новой научной онтологии, к новому пониманию реальности[3].

---

[1] *Визгин В.П.* Границы новоевропейской науки: модерн/постмодерн // Границы науки. М., 2000. С. 221.

[2] Эта тенденция критиковалась в известных работах Б.Я. Пахомова: Пахомов Б.Я. Ленинская концепция объективной истины и современная физика // Вопр. философии. 1970. № 1. С. 57–67; *Его же.* Детерминизм, критерии тождества, проблема объективной реальности в квантовой теории // Философские проблемы физики элементарных частиц (тридцать лет спустя). М., 1995. С. 147–167 и др.

[3] См. об этом: *Жаров С.Н.* Эйнштейн и Бор: старый спор в новой онтологический перспективе // Эйнштейн и перспективы развития науки. – М., 2007. – С. 29-35.

Сегодня методологическая мысль нередко движется в обратном направлении – все чаще раздаются голоса, отказывающие естествознанию в праве на онтологическую истину, что ведет к подрыву культурного авторитета научной рациональности. Лишившись смысловой притягательности, рациональность, конечно, сохраняет свои внутренние возможности, однако уже не способна их осуществить, ибо последнее достигается не усилием чистой мысли, а делом человека.

Таким образом, падение престижа науки не сводится к потере ею чисто внешнего статуса, это тенденция, обескровливающая научную рациональность изнутри.

Самым тревожным является то, что переживание «ненужности» науки нередко овладевает людьми, ей не чуждыми и обладающими влиянием на общественное мнение. Ярким примером является нашумевшая книга Дж. Хоргана[1]. Среди прочего Хорган пишет о самоисчерпании науки, указывая на снижение числа выдающихся открытий и отсутствие новых фундаментальных теорий. Современную космологию он называет «иронической наукой», имея в виду ее трудности, связанные с чисто эмпирической проверкой ее предсказаний[2].

В данной статье нет нужды подробно анализировать слабые места приведенной выше аргументации. Достаточно вспомнить, что у каждой новой теории формируется

---

[1] *Хорган Дж.* Конец науки: Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки. СПб., 2001. Обсуждение позиции Хоргана см.: *Крушанов А.А.* Идея «конца науки» Дж. Хоргана: принципы обоснования позиции // Полигнозис. 2008. № 4. С. 4–13; *Антипенко Л.Г. Дж. Хорган.* Последняя граница (реферат) // Там же. С. 14–18; *Мамчур Е.А.* Действительно ли фундаментальная наука приближается к своим пределам // Там же. С. 19-25; *Крушанов А.А.* «Конец науки» не очевиден, но «привал» просматривается // Там же. С. 26–33; *Казютинский В.В.* Близится ли закат «Века науки»? // Эпистемология и философия науки. 2009. Т. XIX, № 1. С. 136–155.

[2] См.: *Хорган Дж.* Указ. соч. С. 153–154.

свой способ связи с экспериментом. В космологии связь с опытом, как правило, опосредована рядом других теоретических моделей и представлений. Требовать от космологии более «прямого» соотношения с экспериментом – значит искусственно подгонять ее под внешние для этой дисциплины парадигмальные стандарты[1]. Кроме того, каждая фундаментальная теория рано или поздно находит свои, часто весьма неожиданные способы эмпирической проверки. Однако самое главное даже не в этом. В широкой перспективе общенаучное значение фундаментальных теорий вообще не исчерпывается их экспериментальным подтверждением.

Приведем несколько показательных примеров. Поля Янга – Миллса, по выражению Л.Б. Окуня, вначале казавшиеся «теоретическим курьезом» и «интересной математической игрушкой», сегодня превратились в «центральный объект теоретических исследований»[2]. Выдвинутая в начале 20-х годов идея Калуцы – Клейна о возможности «свернутых» пространственных измерений не нашла прямого экспериментального подтверждения, однако это не мешает ей задавать одно из направлений теоретического поиска, существенно расширяя круг вопросов, доступных научно-теоретической мысли[3]. Существование суперсимметрии

---

[1] В то же время отсюда не следует безусловная правота А.Н. Павленко, полагающего, что в теоретической космологии будет увековечено то, что он называет «эмпирической невесомостью» (См.: *Павленко А.Н.* Место «хаоса» в новом мировом «порядке»: (Методологический анализ оснований хаотической космологии) // Вопр. философии. 2003. № 9. С. 45–47). Здесь мы присоединяемся к оценкам В.В. Казютинского (См.: *Казютинский В.В.* Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 208)

[2] Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1990. С. 185, 50.

[3] См.: *Старобинский А.А.* Калуцы – Клейна теория // Физическая энциклопедия. М., 1990. Т. 2. С. 234; Ходос А. Теории Калуцы – Клейна: общий обзор // Успехи физич. наук. 1985. Т. 146, вып. 4. С. 647–654. А.В. Маршаков пишет об идеях Калуцы – Клейна как о «ставших уже традиционными» (*Маршаков А.В.* Теория струн или теория поля? // Успехи физич. наук. 2002. Т. 172. № 9. С. 1006).

пока не получило экспериментального подтверждения, однако без этого понятия трудно представить себе современную теоретическую физику.

Иначе говоря, значимость теории определяется не только ее эмпирическими предсказаниями, но и тем влиянием, которое она оказывает на научную мысль в целом. Это было прекрасно выражено Гейзенбергом: «Естествоиспытателя интересуют прежде всего постановки вопроса и только во вторую очередь – ответы. Постановки вопроса представляются ему ценными, если они оказались плодотворными в развитии человеческого мышления. Ответы могут иметь в большинстве случаев лишь временное значение...»[1]. И чтобы в полной мере понять смысл новых космологических идей, следует осмыслить их в контексте вопроса о становлении новой рациональности.

Современная космология и научная рациональность

Гегель однажды заметил, что история на своих решающих этапах надевает сапоги-скороходы[2]. Это относится и к истории мысли, когда только что родившиеся идеи с необыкновенной быстротой обретают общественное признание, становясь основой новой рациональности. Однако не менее верно было бы и другое замечание. Порой известным идеям приходится дожидаться, пока созреет научная область, где они смогут осуществить свой методологический потенциал. Таков один из путей становления новой научной рациональности – будучи инициирована философской мыслью, она оформляется в лоне науки, обретает там

[1] *Гейзенберг В.* Открытие Планка и основные философские проблемы атомной теории // Успехи физич. наук. 1958. Т. LXVI. Вып. 2. С. 164.

[2] См.: *Гегель Г.В.Ф.* Соч. М.-Л., 1935. Т. XI. С. 207.

первое признание и предстает перед философской рефлексией в облике конкретно-научного подхода. Задача философа – опознать философские истоки и всеобщее значение результата.

Научный дискурс о незавершенности бытия и о начале сущего заставляет нас вспомнить о философских истоках этой идеи. Путь к новой рациональности берет свое начало не с научной абстракции, а с экзистенциального образа человека – «Dasein» хайдеггеровской фундаментальной онтологии. Именно здесь незавершенность бытия впервые стала парадигмальной основой нового способа мышления. Если в перспективе разума бытие представало как *сущее*, то в Dasein-перспективе бытие дает себя как *открытая возможность*. «Бытие "открыто" – это в терминологии Хайдеггера означает, что оно всегда не завершено, не закончено...»[1], – отмечает П.П. Гайденко.

Мир Хайдеггера – это бытийствование открытых возможностей. Разве не этот сюжет составляет онтологическую «изюминку» современной космологии, осмысливающей начало Вселенной? Именно здесь обнаруживают себя ростки новой научной рациональности, связанной с онтологией возможного. Постмодерн ради игры возможностей отрекается от истины и бытия. Религия охраняет безусловность бытия, замыкая его в кругу догмы. Современная космология открывает для нас рациональность, в которой «игра возможных миров» предстает как бытие самой природы. Здесь научная мысль впервые сталкивается с *реальностью возможного*, которая не может быть приведена к одному онтологическому порядку. Однако новая онтология рождает и новые проблемы. Прежде всего возникает неизбежное противоречие между незавершенностью бытия и стремлением мысли к завершенным теоретическим сис-

[1] *Гайденко П.П.* Экзистенциализм и проблема культуры. М., 1963. С. 68.

темам. Совершенная теория должна быть *замкнутой*, и вместе с тем она должна быть теорией *незавершенного* бытия, открытого навстречу непредсказуемым до конца возможностям.

Здесь следует избегать соскальзывания мысли из собственно онтологической перспективы в хорошо известное гносеологическое русло. Рассматриваемая проблема не проясняется привычной ссылкой на тезисы о неисчерпаемости мира и относительности истины, указанием на то, что всякая теория схватывает бытие лишь в специфическом разрезе, а значит, незавершенность есть качество столь же естественное, сколь и тривиальное и т.д. Подобная логика допускает неявную подмену онтологической *незавершенности* гносеологической *неисчерпаемостью*, когда завершенное в самом себе бесконечное бытие познается посредством никогда не оканчивающейся цепочки рациональных систем. В таком варианте нет и намека на онтологическую незавершенность, связанную с непредзаданностью самого бытия. Во избежание недоразумений заметим, что, критикуя заданность бытия, мы имеем в виду не только чисто теологическую трактовку мироздания. Научная рациональность так часто превращала логическую необходимость в онтологическую неизбежность, что невольно задумываешься, вполне ли мы поняли смысл знаменитого высказывания Лапласа о месте Бога в научной картине мира. Теоретический разум классики, действительно, «не нуждался в этой гипотезе», ибо его законы сковали бытие не менее сурово, чем божественное предопределение. Но и неклассическая наука не всегда преодолевает подобную заданность (так, вероятностная трактовка элементарных событий вовсе не исключает предопределенность бытия в его существенных структурах). В подобных ситуациях всегда возникает опасение, что онтология незавершенного бытия будет отдана на откуп иррационализму. Между тем, если незавершенность относится к природному бытию, она может

и должна быть выражена в научной рациональности. Трудность, однако, в том, что мы не можем полностью отказаться и от идеала замкнутости. Даже осознавая ограниченность классического рационализма, теоретик будет сталкиваться с тем, о чем говорил Платон: «...Не допуская постоянно тождественной себе идеи каждой из существующих вещей, он не найдет, куда направить свою мысль, и тем самым уничтожит всякую возможность рассуждения»[1].

Одной из самых известных попыток разрешить противоречие между замкнутостью и открытостью теоретического знания является мысль Лакатоса об исследовательской программе как «единице» развивающейся науки. Однако программа лакатосовского типа открыта лишь в своих внешних слоях, в сфере интерпретаций и приложений. В ее глубине царствует закрытое для трансформации («"неопровержимое", согласно заранее избранному решению»[2]) жесткое ядро. На наш взгляд, проблема решается через обращение к исследовательским программам, тип которых не был предусмотрен самим Лакатосом. В свое время В.С. Швырев высказывал мысль о необходимости «открытой рациональности»[3]. В обсуждаемом случае речь идет об исследовательских программах с *открытым онтологическим ядром*, вариативным в рамках одной программы. Вариативность исследовательского ядра отвечает спонтанности и принципиальной незавершенности бытия, способного генерировать самые разные типы мировых порядков. Такая программа призвана описывать серию возможных миров,

---

[1] *Платон.* Парменид // Платон. Собр. соч.: в 4 т. М., 1993. Т. 2. С. 357.

[2] *Лакатос И.* История науки и ее рациональные реконструкции // Структура и развитие науки: Из Бостонских исследований по философии науки: сб. переводов. М., 1978. С. 217.

[3] *Швырев В.С.* Рациональность в спектре ее возможностей // Исторические типы рациональности. М., 1995. Т. 1. С. 14–15.

объединенных общим принципом генезиса, но имеющих различную онтологическую структуру. Подчеркнем, что речь идет не о проблеме эквивалентных теорий, а о различных возможных мирах, для которых единство генезиса не означает сходства их внутренних законов. Онтологическим основанием такого генезиса является неустранимая «мировая случайность», а потому каждый из вновь возникающих миров мог быть и иным. Таким образом, мечта об окончательной теории превращается в проект принципиально открытой исследовательской программы нового типа.

В методологическом плане созревшая в рамках космологии программа теоретически возможных миров не просто объединяет метафизические и конкретно-научные предпосылки, но выступает сферой их взаимно обусловленной трансформации. При этом каждая из порожденных ею теорий будет одновременно и открытой, и завершенной. Она будет завершенной, если смотреть на нее изнутри, фиксируя некие вполне однозначные основания. Однако это основание будет лишь одним *из многих возможных* с точки зрения общих принципов программы (и соответственно – всего мирового процесса). Раньше теоретики строили космологические модели, полагая, что лишь одна из них имеет онтологический смысл, а остальные интересны только как ступени (или тупики) на пути к истине. Всё изменилось во второй половине XX века, когда стало понятно, что незавершенность мира означает невозможность единственной истины, сколь бы она ни приближалась к некоему «абсолютному» пределу. Пожалуй, первым это осознал И. Пригожин: «Наш мир не поддается описанию одной истиной»[1]. В наибольшей мере этот подход сегодня реализуется в инфляционной космологии. Здесь, подчеркивает А.Д. Линде, «излишними становятся попытки построить теорию, в ко-

[1] *Пригожин И.* От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. 2-е изд., доп. М., 2002. С. 217.

торой наблюдаемое состояние Вселенной и наблюдаемые законы взаимодействия элементарных частиц были бы единственно возможными...»[1].

Если рассматривать развитие современной космологии как становление программы возможных миров, то возникает следующий вопрос. Чтобы уметь искать новые миры, нужно иметь общую схему их строения и генезиса. Без этой схемы, сохраняющей относительную твердость перед лицом всех допустимых вариаций, рациональное мышление просто невозможно. С другой стороны, «застолбив» эту схему, мы возвращаемся к старому представлению о «жестком ядре», и вся открытость куда-то испаряется. Иначе говоря, оборотной стороной теоретичности является логическая завершенность, заданность выводимой серии возможностей. Эта проблема выступает в роли дамоклова меча, нависающего над всякой теоретической логикой, пытающейся выразить открытое, незавершенное в самом себе бытие.

Чем теоретичнее будет схема генезиса возможных миров, тем острее встанет вопрос об изначальной заданности самих возможностей. В пределе данное противоречие грозит дезавуировать мечту о рациональном выражении бытия в его открытости и незавершенности. Чтобы программа возможных миров заработала, надо совместить *определенность* теоретического начала с итоговым выражением *незавершенного* бытия. Онтологическое начало здесь очерчивает способы конституирования новых миров, однако без того, чтобы предопределить необходимость их вступления в наличное бытие.

Всякая онтологическая возможность укоренена в актуальном бытии. Отсюда возникает неизбежная дилемма: если возможные миры не присутствуют каким-то образом в

[1] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 60.

нашей Вселенной, то они останутся *лишь воображаемыми*; если же эти миры имеются налицо, то они перестают быть *лишь возможными*. Выход из этой дилеммы состоит в обращении к тем формам, в которых возможные миры могут присутствовать без реализации в виде наличных вещей и событий, а именно, к *пространственным структурам и симметриям*. Нашему актуальному миру соответствует пространство, фигурирующее в используемых сегодня физических теориях. Новые типы симметрии (своего рода пространственные каркасы возможных миров) могут присутствовать здесь, будучи связаны с дополнительными (нетривиальным образом понятыми) пространственными измерениями (возможность новых пространственных измерений активно обсуждается в теоретической физике последних десятилетий).

Соображения симметрии относятся к конкретно-научному аспекту проблемы. Если же ставить вопрос в более общем плане, то следует осмыслить особый статус пространства в естественнонаучном познании.

Категория пространства в структуре современной научной рациональности: от *бытия и времени* к *бытию и пространству*

Для гуманитарной мысли более загадочным всегда выглядело время, несущее на себе всю интригу человеческого бытия – жизнь и смерть, конечное и бесконечное, мгновение и вечность. Пространство соответствовало характеру природного бытия и рассматривалось прежде всего в связи с науками о природе. Философская традиция – от Августина до Канта и далее, вплоть до Хайдеггера – выражала внутреннее бытие человека в терминах времени, а то

и отождествляла его со временем. Напротив, естествознание представляло свои объекты в терминах пространства.

В течение первых трех четвертей XX века философско-методологический взгляд на пространственную проблематику определялся перспективой, заданной эйнштейновским переходом от абсолютного пространства к пространству-времени как системе отношений, выражающей всеобщую структуру движения. Отсюда – характерный методологический акцент на противоположность субстанциальной и реляционной концепций пространства и времени. Однако уже в XVII в. был сформулирован подход, который не сводится к одной из этих двух позиций. Речь идет об онтологии Декарта. Картезианское пространство нельзя лишить субстанциальности, редуцировав к чистым отношениям, но вместе с тем оно не является некой отдельной от вещей сущностью. Декарт настаивает на субстанциальном *тождестве* пространства с телесными вещами: «Пространство... разнится от тела, заключенного в этом пространстве, лишь в нашем мышлении»[1]. Здесь пространство – это телесность как таковая, тело вне своей специфической оформленности. «Разница между ними только в том, что телу мы приписываем определенное протяжение, понимая, что оно вместе с ним изменяет место всякий раз, когда перемещается; пространству же мы приписываем протяжение столь общее и неопределенное...»[2].

Как известно, Демокрит отождествлял пространство с небытием. Картезианское пространство напротив, принципиально бытийно. Не будучи тождественно какой-либо конкретной вещи, оно в то же время не *ничто* (ибо «...невозможно, чтобы "ничто" обладало каким-либо протяжением...»[3]), а неопределенное *нечто*, всеобщий суб-

[1] *Декарт Р.* Первоначала философии // Декарт Р. Соч.: в 2 т. М., 1989. Т. I. С. 353.

[2] Там же. С. 353.

[3] Там же. С. 356.

страт телесного мира. И хотя декартовская концепция в своем исторически конкретном виде не была принята физикой, она оказала огромное влияние на формирование новоевропейской рациональности в целом. «...Декарт, – отмечает П.П. Гайденко, – проводит идею максимального сближения, чтобы не сказать отождествления, математического и физического... Галилеевы эксперименты имели целью создать такую искусственную конструкцию, в рамках которой... физическое тело превращалось бы в идеальное математическое тело. Декарт с самого начала так задает понятие природы, что у него весь мир превращается в громадное – беспредельно простирающееся – математическое тело»[1]. Интересно сравнить позиции Декарта и Канта в этом вопросе. Кант рассматривает пространство как форму внешнего созерцания, и соответственно, форму природного бытия, однако считает, что универсальные схемы синтеза предметности имеют темпоральный характер. «Чистый образ всех величин... для внешнего чувства есть пространство, а чистый образ всех предметов чувств вообще есть время»[2]. Напротив, у Декарта наука всегда имеет дело с природой, выраженной в геометрических терминах, и мысль воссоздает вещи из пространства: «...Мне неизвестна иная материя телесных вещей, как только... та, которую геометры... принимают за объект своих доказательств...»[3].

В XX веке подход Декарта получил неожиданное продолжение, хотя и в совершенно новых теоретических формах. Дело не только в известных попытках выразить физические процессы на языке геометрии (геометродинамика

---

[1] *Гайденко П.П.* Эволюция понятия науки (XVII–XVIII вв.): Формирование научных программ Нового времени. М., 1987. С. 174.

[2] *Кант И.* Критика чистого разума. М., 1994. С. 125.

[3] *Декарт Р.* Первоначала философии // Декарт Р. Соч.: в 2 т. М., 1989. Т. I. С. 386.

Уилера, теория струн[1] и т.д.). Подобно Декарту, современные физики не признают пустоту в смысле «небытия» и рассматривают состояние «пустого» пространства (вакуум) в терминах физических процессов. Правда, Декарт очень удивился бы, узнав, что теперь отрицание *небытия* вовсе не равнозначно отрицанию *ничто*. В этом вопросе сегодняшняя физика вполне согласуется с онтологией Хайдеггера. Вакуумные процессы вполне реальны, но могут происходить без актуализации в виде физических чтойностей; так в инфляционной модели на стадии раздувающейся Вселенной трансформация вакуума не связана с рождением обычных частиц[2]. Здесь современная космология выходит к проблеме, требующей новых форм рационального осмысления.

Основы рациональности, выражающей переход возможности в действительность, были заложены еще Аристотелем. Однако классика рассматривала возможности, связанные с актуализацией того, что уже задано в качестве наличной формы и образца. Современная космология, ведущая рассуждение от «точки ноль», вынуждена рассматривать процессы совершенно иного типа. Речь идет о спонтанной актуализации формы, которая не имеет осуществленного аналога, т.е. о возникновении чтойностей из того состояния, в котором нет какого-либо актуализованного «что». И если, как полагал Хайдеггер, основным для метафизики является вопрос «почему вообще есть сущее, а не,

---

[1] «Струны можно представить себе как крохотные одномерные разрезы на гладкой ткани пространства» (*Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. М., 2004. С. 167). При этом «взаимодействие струн носит, в некотором смысле, топологический характер» (*Гросс Д.* Грядущие революции в фундаментальной физике: Публичная лекция, Москва, май 2006. http://elementy.ru/lib/430177).

[2] См.: *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 49.

наоборот, Ничто?»[1], то выходит, что современная космология нащупывает ходы мысли, посредством которых этот вопрос предстает как рационально решаемая задача. Ведущую роль здесь может сыграть понятие пространства, способного сохранить рациональность там, где заканчивается господство чтойности.

Сегодня довольно часто встречаются утверждения о несуществовании пространства и времени в «точке ноль», выступающей началом рождения новых миров. «Пространство–время обречено!»[2], – констатирует лауреат Нобелевской премии Д. Гросс. Однако вчитываясь в объяснение Гросса, понимаешь, что имеется в виду лишь пространство-время в его привычном понимании. Насколько обосновано говорить о полной бессмысленности понятий пространства и времени в «точке ноль»? Действительно, в точке бифуркации нет последовательности свершившихся событий, а значит, понятие времени теряет всякий смысл. Но если время здесь отсутствует, встает вопрос, что предпослано появлению времени? В философском плане понятно, что времени предпослано *бытие*. Однако это бытие не может быть совершенно лишено движения и некоей первичной структуры. Это подводит к мысли о пространстве возможных порядков, заключающем в себе первичную, *дотемпоральную* динамику[3]. Конечно, мы отдаем се-

---

[1] *Хайдеггер М.* Что такое метафизика? // Хайдеггер М. Время и бытие: Статьи и выступления. М., 1993. С. 27.

[2] *Гросс Д.* Грядущие революции в фундаментальной физике: Публичная лекция, Москва, май 2006. (http://elementy.ru/lib/430177).

[3] Аналогичные идеи время от времени высказываются в научных дискуссиях, однако они еще не обрели достаточно четких формулировок. На это обращает внимание Пригожин: «Было высказано предположение, главным образом Хокингом, что на ранних стадиях развития вселенной пространство и время теряют всякое различие и время становится “опространствованным”. Но, насколько нам известно, никто не предложил механизм для такого опространствования времени и не указал, каким образом пространство и время могли возникнуть из того, что часто называют “пеной”» (Пригожин И. Конец определенности: Время, Хаос и Новые законы природы. Ижевск, 1999. С. 145).

бе отчет, что это – лишь некая предельно общая онтологическая интуиция. Однако вне подобных интуиций невозможна философская рефлексия, пытающаяся выйти за горизонт наличных теоретических данностей, чтобы заглянуть в будущее фундаментальной науки. Кроме того, высказанная выше мысль соответствует направлению современных теоретических поисков, обнаруживающих новые связи между возможностью и действительностью, хаосом и порядком, бытием и временем.

В первичном хаосе нет событий в привычном смысле слова (т.е. состоявшихся актов), а есть хаотические флуктуации, каждая из которых есть попытка создать мир с темпоральным порядком. Здесь мысль открывает для себя реальность, в которой нет сформировавшихся онтологических чтойностей, иначе говоря, нет того, что издревле носит имя *сущего*. Это не мир в обычном понимании, ибо мирам с присущей им темпоральностью еще только предстоит родиться. Здесь нет ничего свершившегося, а значит, нет времени как последовательности событий. Однако в данной ситуации вполне применимо понятие пространства. Правда, это будет не пространство состоявшихся событий, а пространство возможностей, пространство, связанное с сосуществованием тенденций-аттракторов в исходном хаосе. Можно сказать, перед нами – пространство бурлящего возможностями бытия, в котором еще не сформировался мир сущего. Таким образом, современная космология подводит нас к своего рода естественнонаучному эквиваленту различения *бытия* и *сущего*, – различению, впервые проведенному Хайдеггером. В данном контексте допустимо предположить, что научная рациональность, выводящая мысль к незавершенному бытию и выражающая первичное становление сущего, будет построена на основе категории пространства.

Категория времени связана с такими формами онтологического синтеза, каждая из которых создает специфиче-

ский порядок следования, а значит, эти формы неспособны к бытийному сосуществованию. Лишь в воображении мы можем сказать «время, вспять!» и снова вернуться в исходную точку, чтобы начать отсюда другой темпоральный ряд. Конечно, рассуждая абстрактно, можно попытаться ввести многомерное время, но пока еще никто ясно не объяснил смысл последнего. Напротив, пространство по своему изначальному смыслу предполагает сосуществование различных схем и форм синтеза. Это и привело науку к теоретическому использованию самых различных пространств, сочетающих полноту возможных синтезов. Препятствием к онтологической генерализации пространства выступала необходимость динамики, которая, если исходить из стандартных представлений, связана с понятием времени. Однако дело меняется при переходе к пространству возможностей, наделенному собственной дотемпоральной динамикой. Такое пространство позволяет рационально выразить бытийное сосуществование различных форм онтологического синтеза. Может быть, именно здесь находится ключ не только к новой научной рациональности, но и к новой метафизике, переосмысливающей привычное соотношение между пространством и временем.

Л.Г. Антипенко

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ *А.А. ЛОГУНОВА* И РЕАЛЬНОСТЬ

Введение

Все варианты космологии, отвечающие в той или иной мере современному идеалу научной рациональности, строятся на основании того или иного варианта теории гравитации. Наибольшее число сторонников имеет эйнштейновско-фридмановский вариант космологии. *Эйнштейновским* он называется потому, что в основе его лежит эйнштейновская общая теория относительности (ОТО). Термин же *фридмановский* говорит о том, что имеется в виду фридмановская модель расширяющейся Вселенной. Релятивистская теория гравитации А.А. Логунова (РТГ) коренным образом отличается от общей теории относительности. По этой причине соответствующая ей космологическая модель Вселенной принципиально отлична от фридмановской. Нам предстоит поэтому вначале описать специфику теории гравитации, разработанной Логуновым, показать её различие с ОТО, а затем уже подойти к изложению вытекающих из этой теории космологических следствий. Но вначале уместно будет привести несколько общих соображений в порядке постановки вопроса.

Наше отношение к природе имеет двойственный характер. С одной стороны, природа рассматривается как окру-

жающая среда, с другой – как *наше* начало. Наше начало, начальные условия происхождения живой природы и человека в лоне её воспринимаются в тех глобальных масштабах, с которыми ассоциируется вся Вселенная. Об этом свидетельствует множество высказываний самых авторитетных учёных, философов, теологов.

Приступая к анализу релятивистской теории гравитации (РТГ) А.А. Логунова, мы будем различать два подхода к осмыслению понятия Вселенной: теологический и научный. В рамках теологии Вселенная представляет собой целостный объект, созданный Творцом. Отсюда её теологическая ценность. В научной космологии дело обстоит иначе. Научная космология располагает неким предметом, который тоже принято называть Вселенной, но в ней нет фиксированного объекта изучения. Отсюда возникают всевозможные парадоксы и разногласия при попытках дать определение предмета. Был бы объект, было бы тогда ясно, как образовать предмет данной научной дисциплины. Для этого следовало бы выделить, как это делается в других отраслях знания, интересующий нас аспект объекта. Но в космологии так поступить нельзя.

В теоретическом плане предметом космологии выступает пространственно-временное многообразие, заполняемое наблюдаемой материей с учётом, конечно, электромагнитного излучения. Здесь надо сразу же пояснить, что термин «наблюдаемая материя» является условным, так как эмпирическое видение тесно переплетается с теоретическим видением. Для примера укажем на фигурирующие в современной астрофизике и космологии понятия тёмной материи и тёмной энергии, в обосновании существования которых играют большую роль теоретические соображения. Поскольку же предполагается, что все виды так или иначе наблюдаемой материи обладают универсальным свойством тяготения, а пространство и время считаются формами существования материи, то свойства пространст-

венно-временного универсума ставятся в зависимость от плотности материи, точнее говоря, ставятся в зависимость от распределения материи и энергии, поскольку под материей часто понимается только вещество. Исходя из этих предпосылок и конструируется предмет космологии. Теория пространства-времени и тяготения строится в релятивистском варианте. Так, у Логунова она фигурирует под названием релятивистской теории гравитации (РТГ). Акад. В.А. Фок использовал название «теория пространства, времени и тяготения»[1].

В ортодоксальной фридмановской космологии предмет космологии определяется исходя из наблюдаемой области Вселенной. Дадим слово по этому вопросу Эдвину Хабблу, с именем которого связано открытие закона красного смещения в спектрах далеких галактик. Он рассматривает красное смещение как признак разбегания скоплений галактик: «Вполне удовлетворительная интерпретация красного смещения является вопросом большой важности, ибо отношение «скорость-расстояние» есть свойство наблюдаемой области в качестве целого. Другое и единственное свойство, что нам известно, есть однородное распределение галактик. В таком случае наблюдаемая область (Метагалактики или Вселенной. – *Л.А.*) является нашим образцом Вселенной. И если образец неплохой, наблюдаемые характеристики определяют физическую природу Вселенной как целого»[2]. Поскольку, добавляет он далее, наблюдаемая часть Вселенной выглядит однородной в отношении пространственного распределения галактик, мы можем применить принцип однородности и допустить, что любая другая равная часть Вселенной, выбранная наугад, будет во многом такой же, как наблюдаемая нами[3].

---

[1] *Фок В.А.* Теория пространства, времени и тяготения. М., 1961.
[2] *Hubble Edvin P.* The Realm of the Nebulae, 1936. P. 288.
[3] Ibid. P. 288–289.

Принцип однородности получил название космологического принципа. Были сделаны попытки, сообщает далее Хаббл, найти, какие типы вселенных разрешаются для нашего понимания этим принципом вместе с принципом общей относительности и другими общими законами природы. И было найдено, что такие вселенные оказываются неустойчивыми; они должны расширяться или сжиматься. «Теория не предсказывает ни направления, ни скорости изменения, и в этом пункте теоретики обращаются к наблюдаемому закону красного смещения. Этот закон был интерпретирован как доказательство того, что Вселенная расширяется и расширяется быстро. Так возникли различные модели однородных расширяющихся вселенных общей относительности»[1].

С тех пор, как были написаны эти слова, фридмановская модель Вселенной претерпела значительные изменения. Но общая концепция расширяющейся (из некоторого первоначала) Вселенной осталась неизменной.

В релятивистской теории гравитации Логунова эта концепция вообще отсутствует. А сама теория строится на основании критики общей теории относительности. Напомним о том, что основы ОТО были заложены Д. Гильбертом и А. Эйнштейном. Главной причиной того, почему у Логунова ОТО служит отправной точкой исследования, является общий математический язык, неизбежно используемый во всех такого рода теориях. Это – язык римановой (дифференциальной) геометрии и тензорного исчисления. Пространство-время описывается (определяется) метрическим тензором (и его производными), который ставится в зависимость от тензора (или псевдотензора) энергии – импульса вещества. Последний на практике, в свою очередь, определяется, грубо говоря, плотностью вещества и энергией движения вещественной среды.

---

[1] *Hubble, Edvin.* The Realm of the Nebulae, 1936. P. 290.

Несмотря на терминологическую общность, РТГ и ОТО имеют принципиальные различия. Большинство из них перечисляется самим Логуновым. Однако стоит заранее указать на два существенных момента. Один из них касается понятия сил инерции, другой – состояния движения вообще и состояния инерциального движения в частности. В РТГ несводимость сил инерции к силам гравитации, учёт в формализме теории тех и других является принципиально важным моментом.

Сам факт существования в природе сил инерции, кажется, никем не подвергается сомнению. Ведь каждый может убедиться в нём на практике при поездке на любом виде транспорта (ускорение, торможение, движение по искривлённому маршруту). Но при анализе понятия инерциальной силы возникает следующее затруднение. Согласно третьему закону динамики Ньютона всякое действие одного физического тела на другое встречает противодействие так, что сила действия равна силе противодействия. И тут возникает вопрос: когда на тело действуют силы инерции, где находится то тело или система тел, которые приняли бы на себя противодействие? Размышляя над ответом на данный вопрос, акад. Л.И. Седов указывал, что своим физическим проявлением инерциальные силы эквивалентны силам тяжести. Однако в отношении сил инерции есть особенность, которая как раз заслуживает особого внимания.

Если, пишет Седов, руководствоваться третьим законом Ньютона о силах действия и противодействия, то силу противодействия внешним силам инерции нельзя будет прикладывать к массам и полям внутри Солнечной системы, в которой выделяется инерциальная гелиоцентрическая система координат[1]. Совершенно понятно, добавим мы от себя, что таких масс и полей не найдётся не только внутри Солнечной системы, но и в нашей Галактике, и в Метагалактике. Причина такой безадресности объясняется тем,

[1] *Седов Л.И.* Размышления о науке и об учёных. М., 1980. С. 12.

что инерциальному состоянию движения соответствует, образно говоря, «кристаллическая» структура пространства–времени. Всякая попытка нарушить инерциальное движение тела оказывается равносильной разрушить пространственно-временной «кристалл». Вообще, чтобы понять концепцию Седова о соотношении гравитационных и инерциальных сил, надо иметь в виду, что он был крупным специалистом по части теории размерностей и подобия. С точки зрения этой теории пространственная протяжённость как свойство пространства перестаёт быть пассивным фактором на фоне активного фактора, который представлен гравитационными силами. Пространство активно, но не в том смысле, что оно полностью поглощается гравитационным взаимодействием.

Сказанное легче будет понять, если учесть, что всякое отклонение от состояния инерциального движения сопровождается рассеянием, энтропизацией энергии. Здесь надо учитывать не только взаимопереходы кинетической и потенциальной энергии, но и фактор обесценивания энергии. Воздействие силы на инерциально движущееся тело приводит как раз к этропийному расходу энергии.

Так что если согласиться с гипотезой существования «кристаллической» структуры пространства–времени или просто с фактом соответствующей организации пространственно-временного многообразия, то это приведёт к неизбежному заключению, согласно которому всякая деформация такой структуры, или организации, должна сопровождаться реакцией противодействия. Но это обстоятельство было полностью проигнорировано в ОТО, что и вызвало критическое отношение не только Логунова, но и многих других физиков.

Перейдём теперь ко второму из двух вышеуказанных моментов. Что свойства пространства (будем для краткости употреблять иногда термин «пространство» вместо термина «пространство–время») определяются характеристиками состояния движения физических объектов, указывал

ещё Н.И. Лобачевский. Он писал: «В природе мы познаём собственно только движение, без которого чувственные впечатления невозможны. Итак, все прочие понятия, например, Геометрические, произведены нашим умом искусственно, будучи взяты в свойствах движения; а потому пространство, само собой, отдельно, для нас не существует»[1].

Нельзя изучать свойства пространства вне характеристик состояний свободного движения. К этому надо ещё добавить, что нельзя обходить стороной особенности состояния движения, когда мы опускаемся на уровень квантовых объектов (при решении, скажем вопроса о квантовании гравитационного поля). И эти особенности приобретают принципиальное значение, как только начинают рассматриваться состояния движения фермионов (элементарных частиц с дробным значением спина). Квантовые состояния электронов описываются биспинором, т.е. парой спиноров. В отличие от тензоров спиноры требуют использования языка комплексных чисел. А это сразу наводит на мысль о том, что структура пространства–времени должна быть, вообще говоря, комплексной. Попытка построения такой структуры предпринята Р. Пенроузом. Речь идёт о теории твисторов[2]. Пока что рано судить о том, насколько успешной, в конце концов, окажется именно такой конкретный ход исследования. Но необходимость комплексного подхода к изучению структуры пространства–времени диктуется неизбежностью использования мнимой единицы при описании квантовых состояний движения. Как показал ещё в 1932 году П. Эренфест, в квантовой механике мнимая единица и понятие дальнодействия, т.е. не-силового мгновенного влияния одного квантового объекта на дру-

[1] *Лобачевский Н.И.* Полн. собр. соч. в пяти томах. 1946–1951. Т. 2. М.–Л., С. 158–159.

[2] *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. Москва–Ижевск, 2007. С. 795–836.

гой, неразрывно связаны между собой[1]. Эренфест имел в виду то, что теперь известно под названием эффекта сцепления («перепутанности») квантовых состояний. Без учёта данного эффекта релятивистская теория гравитации не может быть согласована с квантовой теорией физики. Это касается как РТГ, так и ОТО.

И ещё одно замечание общего характера, которое уместно будет сделать, прежде чем приступить к непосредственному анализу РТГ Логунова. При построении теоретических моделей Вселенной всякий раз приходится считаться с объяснением и описанием феномена красного смещения. Фактически здесь конкурируют две объяснительные альтернативы. Первая увязывает фактор красного смещения с эффектом Доплера, со скоростью удаляющихся друг от друга скоплений галактик, в конце концов, с расширением Вселенной из некоторого первоначального состояния – из состояния «первоатома». (Отметим тут сразу же, что доплеровское объяснение красного смещения обрело в физической литературе хрестоматийный характер. Так, например, в «Теории поля» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица мы читаем: «Истолковав это смещение как доплеровское, мы приходим к заключению о «разбегании» галактик, т.е. о том, что в настоящее время Вселенная расширяется»[2].

Вторая альтернатива увязывает фактор красного смещения с гравитационным эффектом. Логунов – сторонник второй альтернативы, а о том, как она у него реализуется, будет сказано далее.

Со всеми особенностями математического языка, на котором выражаются современные варианты релятивистских теорий гравитации, можно познакомиться в книге В.Ф. Ка-

---

[1] *Эренфест П.* Относительность, кванты, статистика. М., 1972. С. 171–172.

[2] *Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М.* Теория поля. М., 1967. 5-е изд. С. 444.

гана «Геометрические идеи Римана и их современное развитие»[1].

§ 1. Сравнительный анализ ОТО и РТГ по их основаниям и предсказаниям

Наиболее лаконично различия между ОТО и РТГ изложены в брошюре А.А. Логунова и Ю.М. Лоскутова «Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации»[2]. Какие особенности и недостатки ОТО в ней отмечаются? Перечислим их в том порядке, в котором они представлены в данной работе.

1. Сомнение вызывает принцип эквивалентности сил инерции и гравитации.

2. Играя по правилам ОТО, можно выбрать такую систему координат, в которой все компоненты тензора энергии-импульса гравитации превращаются в нуль. (В РТГ плотность полного тензора энергии-импульса вещества и гравитационного поля вместе взятых сохраняется, не зависит от манипуляции с координатной системой).

3. Из п. 2 следует нарушение в ОТО фундаментальных физических законов сохранения, что неприемлемо по физическим соображениям. (Здесь, видимо, надо пояснить, что имеются в виду физические системы, не имеющие асимптотического приближения к псевдоевклидову пространству, как это имеет место, скажем, в случае гармонических координат В.А. Фока (*примеч. Л.А.*)).

4. Неоднозначность предсказаний ОТО для тех или иных конкретных гравитационных эффектов. (Примером такой неоднозначности служит определение (вычисление)

---

[1] *Каган В.Ф.* Геометрические идеи Римана и их современное развитие. М.–Л., 1933.

[2] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986.

времени запаздывания сигнала при локации с Земли других планет Солнечной системы: Меркурия, Венеры).

Заметим сразу относительно п. 4, что на достаточно большом количестве примеров авторы показывают, что неоднозначность предсказаний ОТО возникает всякий раз из-за произвола в выборе в данной теории координатных условий, при которых решается та или иная конкретная задача. Мы показываем, пишут авторы, что для каждой задачи при одних и тех же физических условиях имеется множество решений уравнения Гильберта–Эйнштейна, каждое из которых даёт *своё* предсказание для эффектов. «Какое из решений следует взять – на это ОТО не может дать ответа, поскольку координатные условия, к которым обычно прибегают в ОТО, полностью произвольны, а их выбор в прямом смысле зависит от «вкусов» исследователя. Всё это неизбежно приводит к общему выводу об органической неспособности ОТО давать однозначные предсказания для гравитационных эффектов»[1].

Посмотрим теперь, насколько оправданной является данная критика по всем четырём пунктам, независимо от того, что предлагается взамен ОТО. Поставим вопрос: что значит принцип эквивалентности сил инерции и гравитации и как он используется в ОТО? Классическая механика, пишет Эйнштейн, указывает на одно ограничение, которое непосредственно требует распространения принципа относительности и на такие пространства отсчёта, которые не находятся в состоянии равномерного движения друг относительно друга. Отношение масс двух тел определяется в механике двумя принципиально различными способами: с одной стороны, через обратное отношение ускорений, которые сообщает им одна и та же сила (инертная масса),

[1] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 27.

и, с другой стороны, через отношение сил, действующих на них в одном и том же гравитационном поле (гравитационная масса). «Равенство этих двух масс, столь различно определяемых, – указывает далее Эйнштейн, – является фактом, подтверждённым опытами с весьма большой точностью (опыты Этвеша), но классическая механика не даёт никакого объяснения этому равенству. Однако ясно, что утверждение о численном равенстве двух величин становится научно вполне обоснованным лишь после того, как доказано совпадение истинной природы обоих понятий»[1].

Обоснование «совпадения истинной природы обоих понятий» потребовало создания целой теории, которой и явилась ОТО. Сам автор ОТО говорит об этом так: «Возможность объяснить численное равенство между инерцией и тяготением на основе единства их природы доставляет общей теории относительности, по моему убеждению, столь большое превосходство над представлениями классической механики, что все трудности, с которыми она сталкивается в своём развитии, следует по сравнению с этим считать незначительными»[2]. Эйнштейн, как видим, переходит от равенства двух масс – инертной и гравитационной – к единству инерции и гравитации. Вопрос переносится в плоскость рассмотрения движения. В таком случае, согласно автору ОТО, эффект равноускоренного движения тела нельзя отличить от эффекта тяготения. Наблюдатель, находящийся в системе отсчёта, в которой равноускоренно движущееся тело покоится, не мог бы найти никакой разницы между силой гравитации и силой, возникающей в результате ускоренного движения. (В другом месте приводится конкретный пример с ощущением наблюдателя, находящегося в закрытом падающем лифте).

---

[1] *Эйнштейн, А.* Собрание научных трудов. Т. II. М., 1966. С. 44.
[2] Там же. С. 45.

Отсюда делается вывод, что геодезические линии пространства следует отождествить с теми линиями движения тел, по которым они перемещаются под действием сил тяготения. Если раньше геодезические линии трёхмерного пространства отождествлялись с линиями свободного инерциального движения пробного тела, то в новой теории им не нашлось места. «Формулируя принцип эквивалентности, – пишет по этому поводу Логунов, – Эйнштейн фактически отошёл от представления о гравитационном поле как поле Фарадея–Максвелла, что нашло своё отражение во введённой им псевдотензорной характеристике гравитационного поля»[1].

Оказывается, не всякое ускорение можно сделать эквивалентным действию силы тяжести. На этот факт обратил внимание ещё в 1923 году А. Эддингтон, констатируя наличие различия между инерцией и гравитацией. Подчиняясь идейному содержанию ОТО, он писал: «Прямые пути звёзд и искривлённые пути планет стоят, с этой точки зрения, на одном уровне и получают объяснение одного и того же рода»[2]. В другом же месте Эддингтон говорит, что «один и тот же род» распадается на две принципиально разные части. Как материальные частицы, так и геодезические линии, снова возвращается Эддингтон к данному вопросу, являются чертами абсолютной структуры мира; и вращение относительно геодезической структуры мира (речь идёт, конечно, о геодезической структуре ОТО. – *Л.А.*) есть явление того же порядка, как движение относительно материальных тел[3]. А дальше следует опровержение

---

[1] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 3.

[2] *Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение. Одесса, 1923. С. 140.

[3] *Эддингтон А.* Пространство, время и тяготение. Одесса, 1923. С. 156.

данного высказывания. Именно: «Здесь, однако, бросается в глаза то обстоятельство, что вращение происходит не только относительно местной геодезической сети данной небольшой области, но и относительно некоторой общепринятой универсальной координатной сети, в то время как во втором случае необходимо специально указать, относительно каких тел рассматривается движение»[1]. Затем Эддингтон поясняет, что не вполне определённая универсальная координатная сеть, к которой мы относим вращение, носит название *инерциальной сети*. В плоском пространстве–времени, на большом расстоянии от всяких материальных тел, говорит он, она вполне определена. В противном случае с ней нельзя связать вполне определённого представления.

Понятно, что без такого представления вся общая теория относительности остаётся неопределённой и не даёт однозначных предсказаний. Поэтому Логунов и берёт за основу построения своей теории пространство Минковского[2].

При разъяснении второго пункта из вышеприведённого списка Логунов и Лоскутов ссылаются на высказывания и выводы, сделанные другими учёными, компетентными в вопросах ОТО. Д. Гильберт, составивший уравнения ОТО, сам же подверг её критике из-за нарушения в ней законов сохранения. В частности, он писал: «Я утверждаю, ...что для общей теории относительности, т.е. в случае общей инвариантности гамильтоновой функции, уравнений энергии, которые ...соответствуют уравнениям энергии в ортогонально-инвариантных теориях, вообще не существует. Я даже мог бы отметить это обстоятельство как характерную черту общей теории относительности»[3].

---

[1] Там же. С. 156

[2] *Логунов А.А. , Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 7.

[3] *Hilbert D.* // Göttingen Nachrichten, 1917. V. 4. S. 21.

К сожалению, отмечают авторы данного краткого изложения РТГ, это высказывание Гильберта не было, по-видимому, понято современниками, поскольку ни сам Эйнштейн, ни другие физики не осознали того факта, что в ОТО в принципе невозможны законы сохранения энергии-импульса и момента количества движения, если теория не делает оговорку в отношении наличия плоского пространства-времени на бесконечности. А когда Э. Шредингер в 1918 году показал, что соответствующим выбором трёхмерной системы координат все компоненты псевдотензора энергии-импульса гравитационного поля вне массивного шара можно обратить в нуль, то Эйнштейн это признал, но посчитал, что такой факт является не дефектом ОТО, а её спецификой. (Цитируется следующая известная реплика Эйнштейна: «Что же касается соображений Шредингера, то их убедительность заключается в аналогии с электродинамикой, в которой напряжения и плотность энергии любого поля отличны от нуля. Однако я не могу найти причину, почему так же должно обстоять дело и для гравитационных полей. Гравитационные поля можно задавать, не вводя напряжений и плотности энергии»[1].

Как же решался вопрос о законах сохранения при последующих этапах развития и трактовках ОТО? Вопреки убеждению Эйнштейна, пришлось обратиться к такому изменению ОТО, при котором не допускалось бы нарушение законов сохранения. Будет уместно хотя бы кратко сообщить некоторые сведения об этой переделке, так как они дополняют и оправдывают критику со стороны Логунова. Речь идёт о гамильтоновом подходе к ОТО, предложенном не только Логуновым. Вот в чём состоит суть переделки. При введении в ОТО функции Гамильтона надо было сле-

[1] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 4.

дить за тем, чтобы данная функция, выражающая сумму кинетической и потенциальной энергии гравитационного поля, не превращалась при преобразовании координатной системы в нуль. Л.Д. Фаддеев по данному поводу пишет: «Гамильтонов подход к этой теории, предложенный Дираком в начале 50-х годов и далее развитый многими людьми, привёл к естественному пониманию энергии»[1].

С этим подходом связана гипотеза о положительности массы в ОТО. Э. Виттен нашёл способ подтвердить данную гипотезу. М. Атья в докладе, зачитанном на Международном конгрессе математиков в Киото (1990 г.), сообщает: «Гипотеза о положительности массы в общей теории относительности утверждает, что (при подходящих предположениях) полная энергия гравитирующей массы положительна и может обратиться в нуль только для плоского пространства Минковского. Отсюда следует, что пространство Минковского является устойчивым основным состоянием»[2]. Заметим, что Логунов как раз и избирает пространство Минковского в качестве основного состояния. Но проследим мысль данного доклада далее. Многие годы, говорит Атья, эта гипотеза (о положительности массы) привлекала внимание и устанавливалась в различных частных случаях, пока не была, наконец, доказана Шёном и Яу в 1979 году.

Доказательство Яу и Шёна включало в себя нелинейные уравнения в частных производных и было важным достижением; частично за него авторы, по словам Атья, были награждены филдсовской медалью на конгрессе в Варшаве. Но как видно, не все специалисты, и среди них Логунов, признали его достаточно убедительным. Поэтому, сообща-

---

[1] *Фаддеев Л.Д.* О работах Э. Виттена // Международный конгресс математиков в Киото. М., 1996. С. 43.

[2] *Атья М.* О работах Эдварда Виттена // Международный конгресс математиков в Киото. М., 1996. С. 47.

ет Атья, весьма удивительным оказалось намеченное Виттеном значительно более простое доказательство, основанное на линейных уравнениях в частных производных. «Более того, Виттен привлёк спиноры и соответствующий оператор Дирака. Его подход берёт начало в более ранних идеях супергравитации и, что типично для интуиции и техники Виттена, в конце концов приводит к простому и вполне классическому доказательству»[1]. Л.Д. Фаддеев подтвердил корректность решения задачи, данного Виттеном. При гамильтоновом подходе к ОТО у Виттена тензор энергии-импульса-материи оказывается явно положительным, из чего вытекает положительность функции Гамильтона. Для нас здесь, между прочим, очень важно заметить введение в релятивистскую теорию гравитации спиноров. К этому вопросу мы ещё вернёмся при анализе специфики собственно логуновской релятивистской теории гравитации.

РТГ Логунова базируется на следующих пяти положениях.

1. Пространство (x^{μ}) Минковского есть фундаментальное пространство.

2. Гравитационное поле в указанном пространстве описывается симметричным тензором второго ранга $\Phi^{\mu\nu}$ и является реальным физическим полем, обладающим плотностью энергии-импульса, ненулевой массой покоя и спиновыми состояниями 2 и 0.

3. Движение вещества под действием гравитационного поля $\Phi^{\mu\nu}$ в пространстве с метрикой $\gamma^{\mu\nu}$ эквивалентно его движению в эффективном римановом пространстве с метрикой $g^{\mu\nu}$, определяемой (в силу универсальности гравита-

[1] *Атья М.* О работах Эдварда Виттена // Международный конгресс математиков в Киото. М., 1996. С. 47–48.

ционных взаимодействий) «подключением» гравитационного поля $\Phi^{\mu\nu}$ к метрическому тензору $\gamma^{\mu\nu}$ по принципу геометризации.

4. Даётся способ определения плотности лагранжиана.

Далее утверждается, что на основании этих положений релятивистская теория гравитации строится однозначно[1]. Её предсказания подробно излагаются в книге А.А. Логунова «Лекции по теории относительности (современный анализ). М.: изд. МГУ, 1984, изд. 2-е[2]. В нашу задачу не входит сколь-нибудь подробный разбор всех выводов и предсказаний РТГ, которые, несомненно, представляют огромную научную ценность. Главное в нашей тематике – космологические представления, вытекающие из РТГ, и их сопоставление с теоретическими результатами ОТО.

§ 2. Сравнение космологических следствий РТГ и ОТО

РТГ Логунова напрямую, без всяких околичностей, устраняет свойственное ОТО отождествление сил инерции и сил гравитации. Метрический тензор $\gamma^{\mu\nu}$ отвечает за силы инерции, в то время как тензор гравитационного поля $\Phi^{\mu\nu}$ показывает, в какой мере псевдоевклидово пространство Минковского деформируется под воздействием гравитации. Но как был выбран за исходное условие РТГ мир Минковского? Автор показывает, что, склоняясь к такому решению, ему пришлось исходить из трёх логически возможных вариантов выбора.

---

[1] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 7.

[2] *Логунов А. А.* Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М., 1984.

Любому физическому полю, указывает Логунов, соответствует некоторая геометрия, называемая естественной, именно такая, что фронт свободной волны этого физического поля движется по геодезическим естественного пространства–времени. Требование законов сохранения для замкнутой системы физических полей ограничивает наш выбор естественной геометрии лишь тремя типами четырёхмерных геометрий[1]. Речь идёт о трёх типах четырёхмерных пространств, обладающих свойствами однородности и изотропии в такой степени, что они допускают получение всех десяти интегральных законов сохранения для замкнутой системы. Это – пространство постоянной отрицательной кривизны (пространство Лобачевского), это – пространство нулевой кривизны (псевдоевклидово пространство) и, наконец, пространство постоянной положительной кривизны (пространство Римана). (Каждому из этих пространств соответствует три типа геометрии: гиперболическая, эллиптическая и параболическая). Вот тут и встаёт вопрос, какое из них выбрать? Пространство Римана отпадает в силу того, что сферическая или эллиптическая тригонометрия Римана непосредственно входит в пространство Лобачевского. Из оставшихся двух вариантов Логунов выбирает второй. В таком случае, как уже сказано выше, уравнения движения вещества под действием гравитационного поля в псевдоевклидовом пространстве с метрическим тензором $\gamma_{\mu\nu}$ могут быть тождественно представлены как уравнения движения вещества в некотором эффективном римановом пространстве с метрическим тензором $g_{\mu\nu}$, зависящим от гравитационного поля, и метрического тензора $\gamma_{\mu\nu}$. Понятно, что теперь о тождестве

[1] *Логунов А. А.* Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М., 1984. С. 192–193.

между пространством и гравитационным полем говорить не приходится[1].

Итак, полевые уравнения РТГ обладают принципиальным свойством: отделять всё, относящееся к системе инерции, от всего того, что имеет отношение к гравитационному полю. Вместе с тем все полевые переменные в уравнениях РТГ являются функциями координат мира Минковского[2].

Логунов далее отмечает, что его подход к построению релятивистской теории гравитации отличается и от подхода В.А. Фока, хотя с внешней стороны может показаться, что оба подхода мало различаются между собой. В.А. Фок, оперируя с уравнениями Гильберта–Эйнштейна, пытался выделить для их решения привилегированную систему отсчёта, которую он называл *гармоническими координатами.* Это такая система отсчёта, которая определяется с точностью до преобразований Лоренца. Гармоническим координатам отводится место на бесконечности. Это краевое условие означает, что на бесконечно удалённых частях пространства множество ковариантных систем отсчёта сводятся к единой системе. Логунов соглашается с Фоком в том отношении, что краевые и начальные условия в ОТО имеют столь же важное значение, как и сами уравнения, которые не могут быть решены, если такие условия не указаны. Но гармонические координаты, как выяснилось, не могут служить краевым условием во всех случаях. В частности, теоретические предсказания ОТО, взятой в гармонических координатах, не совпадают с её предсказаниями, полученными в шварцшильдовской метрике. И не только.

---

[1] *Логунов А. А.* Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М., 1984. С. 208.

[2] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 11.

«Неодинаковые предсказания ОТО в указанных метриках (шварцшильдовской и гармонической. – *Л.А.*) получаются и для времени обращения спутника вокруг сферически симметричного тела, как, впрочем, и для всех иных гравитационных эффектов»[1].

Мы неслучайно обращаем внимание на пример с гармоническими координатами, работая с которыми, в одних случаях можно получить правильные результаты, в других – неправильные. Дело в том, как показывает автор РТГ, что в зависимости от выбора исходных координатных условий в теории гравитации меняется метрический тензор. Следовательно, меняется сам строй теории и все связанные с ней предсказания. В общей теории относительности никаких ограничений на выбор координатных условий не накладывается, поэтому она как бы распадается на ряд разных теорий, выбор каждой из которых совершается ad hoc. Логунов это убедительно показывает и, в конечном счёте, делает следующее резюме: «Поскольку <...> в ОТО разным координатным условиям соответствуют разные метрические тензоры (в заданной системе координат, т.е. при заданной арифметизации пространства), а на выбор координатных условий никаких ограничений нет, то в силу сказанного выше, как бы ни высказывались на этот счёт «эксперты» ОТО, можно утверждать, что ОТО в принципе не способна давать определённых предсказаний о гравитационных эффектах, в чём состоит ещё один её принципиальный недостаток»[2].

Создаётся впечатление, добавим мы со своей стороны, что то или иное решение уравнений Гильберта–Эйнштейна в рамках ОТО подгоняется под тот или иной заранее известный гравитационный эффект. Часто считают, что ОТО предсказала существование чёрных дыр, но гипотезу о су-

---

[1] *Логунов А.А., Лоскутов Ю.М.* Неоднозначность предсказаний общей теории относительности и релятивистская теория гравитации. М., 1986. С. 12.

[2] Там же. С. 29.

ществовании астрофизических объектов, обладающих существенными свойствами чёрных дыр, выдвинул ещё в 1796 году П.С. Лаплас. Руководствуясь законом всемирного тяготения, он пришёл к выводу, что звезда с плотностью вещества, равной плотности Земли и диаметром в 250 раз больше диаметра Солнца, будет характеризоваться столь высокой параболической скоростью, что она превзойдёт скорость распространения света. (Параболической скоростью в данном случае называется минимальная скорость, необходимая для того, чтобы преодолеть гравитационное поле определённого объекта и оторваться от него). Поэтому ни один световой луч не покинет её, и она будет невидимой для наблюдателя. Подобный вывод был сделан современником Лапласа английским геологом Дж. Мичеллом в 1783 году, но его труды менее известны. Стоит обратить внимание на лапласовское представление о наличии сверхсветовых явлений, соотносимых с «невидимыми звёздами».

Для описания чёрной дыры средствами ОТО пришлось использовать метрический тензор, связанный со сферической системой отсчёта координат, начало которой расположено в центре тяжёлого коллапсирующего тела. И совсем уж экзотической, хотя вполне правомерной, представляется космологическая модель вращающейся Вселенной, полученная при решении уравнений Гильберта–Эйнштейна К. Гёделем[1]. Эта модель имеет ту особенность, что в ней четырёхмерное пространственно-временное многообразие не распадается однозначно на пространство и время, т.е. пространственные координаты не ортогональны к мировым линиям движения (к временной координате). Метрический тензор и квадрат пространственно-временного интервала представлены так, что отдельные слагае-

[1] *Gödel K.* An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein's Field Equations of Gravitations // Rev. Mod. Phys. Vol. 21, № 3. 1949.

мые ds^2 суть произведения дифференциальных отрезков времени и пространственной протяжённости. Однако и эта модель имеет, с математической точки зрения, такое же право на существование, как и, скажем, модель А.А. Фридмана расширяющейся Вселенной.

Но как же в таком случае можно сделать однозначный выбор космологической модели Вселенной в рамках ОТО? В отличие от ОТО, РТГ Логунова не страдает такой неоднозначностью.

Сторонники ОТО, знакомые с РТГ, единодушно отмечают, что все предсказываемые ею эффекты в масштабах Солнечной системы совпадают с предсказаниями, получаемыми средствами ОТО. Критика РТГ ведётся как раз по части её космологических следствий, которые радикально отличаются от картины, рисуемой средствами ОТО. Речь идёт, в первую очередь, о разных способах объяснения фактора красного смещения. Напомним, что собой представляет данный фактор.

Как известно, к красному смещению приводят два механизма: эффект Доплера и эффект гравитационный. Красное смещение, обусловленное первым эффектом, возникает в том случае, когда движение источника света относительно наблюдателя приводит к увеличению расстояния между источником и наблюдателем. Гравитационное красное смещение возникает тогда, когда приёмник света находится в области с меньшим гравитационным потенциалом, чем источник. В таком случае красное смещение является следствием замедления темпа времени вблизи гравитирующей массы и уменьшения частоты испускаемых квантов света.

В астрофизике и космологии красное смещение обычно соотносят, как уже было сказано выше, с эмпирическим законом Хаббла. При наблюдении спектров удалённых галактик и их скоплений оказалось, что величина красного смещения увеличивается с увеличением расстояния до

удалённого объекта. Обычно принято полагать, что чем дальше находится объект от наблюдателя (естественно здесь учитываются огромные космические расстояния), тем с большей скоростью он удаляется от нас. Закон Хаббла выражается в численном виде формулой, в которой скорость удаляющегося объекта равна расстоянию до него, умноженному на коэффициент, называемый константой Хаббла. В общей теории относительности, в том варианте решения её уравнений, который дан А.А. Фридманом, удаление скоплений галактик друг от друга объясняется расширением Вселенной. На этом решении, собственно говоря, и строится модель Вселенной, которая получила широкое признание. Считается, что нынешнее состояние Вселенной есть результат её последовательного расширения после Большого взрыва из некоторого сингулярного состояния. (Обычно принимают модель горячей Вселенной, которая охлаждается по мере расширения).

Далеко не так выглядит космологический сценарий в РТГ Логунова. В этой теории, как говорится в аннотации, касающейся космологии, открылось новое свойство не только замедлять действием гравитации ход времени, но и останавливать процесс замедления, а, следовательно, процесс сжатия вещества. Возникает явление «самоограничения» гравитационного поля, которое играет важную роль во Вселенной. Согласно РТГ, однородная и изотропная Вселенная может быть только «плоской» и развивается циклически от некоторой максимальной плотности до минимальной и т.д. При этом теория устраняет известные проблемы ОТО: сингулярности, причинности (горизонта), плоскостности (евклидовости). Эффект «самоограничения» поля исключает также возможность образования «чёрных дыр». Из теории следует существование «тёмной» материи[1].

[1] *Логунов А.А.* Релятивистская теория гравитации. М., 2006.

Познакомимся теперь с проблемой логического и эмпирического оправданий ОТО и РТГ в плане исключительно космологических следствий этих теорий.

§ 3. Проблема логического и эмпирического оправданий ОТО и РТГ

В качестве космологического следствия ОТО рассматривают обычно фридмановскую модель Вселенной. Для её получения необходимо взять в правой части уравнений Эйнштейна та́кой тензор энергии-импульса-материи, в котором все его компоненты, за исключением компоненты временной, равны нулю. Приравнивание нулю тензорных компонент оправдывается предположением, согласно которому локально частицы материи покоятся относительно друг друга. При этом допускается пренебрежение и теми слагаемыми тензорных компонент, которые отображают *натяжения* между частицами материи. Всего этого, однако, недостаточно, чтобы получить модель расширяющейся Вселенной. Надо ещё сделать выбор глобальных координатных условий. Такой выбор даётся так называемым космологическим постулатом, который утверждает, что в пространственном отношении Вселенная однородна и изотропна. В геометрическом смысле это означает, что пространственный универсум Вселенной, изменяясь с течением времени, имеет повсеместно в каждый данный момент времени одну и ту же кривизну.

Наблюдатель, находящийся в такой Вселенной, должен довольствоваться не только локальной причинностью, но и ссылкой на нелокальное (мгновенное) дальнодействие, чтобы судить о том, что Вселенная действительно в каждый момент времени остаётся однородной и изотропной.

Другими словами, в своей модели Фридман помещает материю в «сопутствующую» систему отсчёта. Термин

«сопутствующая» означает: находящаяся в процессе того изменения, которое отождествляется с расширением Вселенной. Тензор энергии-импульса вещества он ставит в зависимость только от времени.

С моделью Фридмана в конце концов стали связывать объяснение феномена красного смещения. Но попытка совместить её с эффектом Доплера приводит к логическому противоречию. Эффект Доплера имеет место лишь в том случае, если удаляющиеся друг от друга скопления галактик перемещаются *в пространстве*. Если же астрофизические объекты удаляются друг от друга из-за того, что *расширяется само пространство*, то эффект Доплера вообще наблюдать невозможно, поскольку и измерительные приборы (масштабные линейки) будут изменяться по тем же самым законам, которые управляют изменением пространства. Тут нам могут возразить, что когда мы пользуемся для измерения «масштабной линейкой», то надо иметь в виду, что она-то определяется свойствами микропространства, которое не «растягивается» согласно общему космическому закону расширения вселенского пространства. Такие возражения основаны на недоразумении. Речь ведь идёт о различии в *длине* волн, которые изменяются из-за эффекта Доплера. А это изменение не имеет отношения к локальным свойствам микропространства.

Согласно логическому закону Дунса Скотта, из логического противоречия следует всё, что угодно, как истина, так и ложь. Поэтому в современной космологии, основанной на решении уравнений ОТО, возникает бесконечная теоретическая путаница. Противоречивая теория не предсказывает эмпирические факты – сделать этого она не может, – а подстраивается под них. Всё это касается таких наблюдаемых фактов, как анизотропия реликтового излучения, обнаруженная, в результате астрофизических наблюдений, ускорение расширения Вселенной и пр.

Как уже было сказано выше, в РТГ Логунова феномен красного смещения объясняется гравитационным эффектом. Согласно решению уравнений, составленных по правилу сочетания двух метрических тензоров, материя во Вселенной, при рассмотрении её в крупномасштабном плане, покоится; претерпевает циклическое изменение во времени гравитационное поле. Наличие этого циклического процесса объясняется тем, что гравитоны обладают собственной массой, которая оценивается величиной порядка 10^{-66} г. Когда Вселенная находится в фазе уменьшения интенсивности гравитационного поля, электромагнитный сигнал, приходящий из некоторой удалённой точки r Вселенной в точку r_0, в которой расположен наблюдатель, попадает в то место пространства, где частоты электромагнитных излучений оказываются выше соразмерно той длительности, которая требуется для распространения сигнала из точки r к точке r_0. Отсюда частотная разница в стандартном спектре и спектре приходящего издали сигнала. Как видим, автор РТГ представил гениальное, по простоте, объяснение и количественное описание феномена красного смещения.

РТГ, однако, тоже не свободна от ряда отмечаемых космологами недостатков. Первое замечание связано с происхождением колебательного процесса во Вселенной и его частотой. Полагаю, что данный недостаток теории Логунова нетрудно устранить при другом выборе естественной геометрии. Второе возражение против РТГ связано с энтропией. Критики замечают, что сингулярности в ОТО типа чёрных дыр или «первоатома» Вселенной позволяют убирать из неё энтропийный хаос. На сингулярности смотрят как на механизм, позволяющий избежать тепловой смерти Вселенной. Колебательный же процесс в модели Логунова приводит к неизбежному рассеянию энергии. Но

она не описывает процесс, противоположный хаотизации, процесс антиэнтропийный.

Как мне представляется, можно избежать обоих затруднений, заключённых в РТГ, если иначе выбрать исходные координатные условия и учесть, что в геометрии Лобачевского имеются мнимые геодезические линии. Геометрическая интерпретация специальной теории относительности устанавливает, наряду с мнимой протяжённостью, мнимую временную длительность, которым соответствуют антиэнтропийные состояния движения (см. статью В. Варичака[1] и статью Л.Г. Антипенко[2]).

Итак, из трёх типов пространства, обладающих естественной геометрией, Логунов взял псевдоевклидово пространство (пространство с нулевой кривизной). Если бы выбор пал на пространство Лобачевского, сразу стало бы ясно, откуда появляется регулярность в пространстве и цикличность во времени (имеется в виду вселенская цикличность). Пространство Лобачевского отличается от псевдоевклидова пространства тем, что его основные характеристики связаны с абсолютной длиной, с константой Лобачевского k. Изоморфное отображение группы Пуанкаре–Лоренца в пространство Лобачевского позволяют связать абсолютную длину k с темпом осцилляции Вселенной. Можно показать, что трёхмерная однородная группа Пуанкаре–Лоренца и группа движений в геометрии Лобачевского изоморфны[3]. Предельно элементарный и наглядный способ демонстрации данного изоморфизма дан в статье В. Варичака.

---

[1] *Варичак В.* О неэвклидовом истолковании теории относительности // Новые идеи в математике. Сб.7: Принцип относительности с математической точки зрения. СПБ., 1914.

[2] *Антипенко Л.Г.* Проблема физико-математического описания двойственной структуры времени // Философия математики: актуальные проблемы (Тезисы Второй международной научной конференции 28–30 мая 2009 г.). Москва, 2009.

[3] *Ефимов Н.В.* Высшая геометрия. М., 1961. С. 478–494.

Но главный недостаток теории Логунова с её космологическими следствиями связан, по моему мнению, с решением вопроса о существовании в космическом пространстве чёрных дыр. Логунов отрицает их существование. Какие-то сомнения в подтверждении факта их существования посредством эмпирических данных, получаемых посредством астрономических наблюдений, всё еще остаются. Однако достаточно большой вес имеют те доводы в подтверждение гипотезы о чёрных дырах, которые основаны на теоретических и полуэмпирических соображениях, развитых в значительной мере ещё в ньютоновской теории тяготения.

В рамках специальной теории относительности чёрная дыра предстаёт сингулярной точкой на мировой линии в четырёхмерном пространстве–времени. Напомним, что мировая линия совпадает (с точностью до константы *c*) с собственным временем эволюционирующего объекта. В релятивистской квантовой механике для явления «обрыва» мировой линии в сингулярной точке имеется полноценная аналогия. Это – скрытое движение частицы (электрона), выявляемое при полном решении квантово-релятивистского уравнения Дирака[1]. Полноценность аналогии состоит в том, что и в одном, и в другом случае имеет место трансформация вещественных величин временной длительности и протяжённости в величины мнимые.

При полном решении квантово-релятивистского уравнения Дирака выясняется, что процедура измерения (коллапс волновой функции) приводит к двум разным результатам, которые интерпретируются двумя различными видами трансформации времени. В одном результате выявляется энтропийная компонента времени, в другом – антиэнтропийная. (Элементарнейшие соображения на этот счёт из-

[1] *Антипенко Л.Г.* К вопросу о частном и общем решениях квантово-релятивистского уравнения Дирака и их интерпретации // 100 лет квантовой теории. История, физика, философия. М., 2002, 114–121.

ложены в работе, значащейся под ссылкой 2 на с. 181). Аналогия с редукцией волновой функции, рассматриваемой в релятивистском варианте, свидетельствует о том, что состояние астрофизического объекта, именуемого чёрной дырой, не является безысходным. Ему должно соответствовать противоположное состояние, которое иногда называют «белой дырой».

Надо ещё отметить, что у астрофизиков и космологов проблема чёрных дыр вызывает наибольшую озабоченность в теоретическом плане – в плане отрешения от сингулярных точек. Один из методов отрешения сводится к некоторому способу, который можно было бы назвать *способом утешения*. Я имею в виду гипотезу космической цензуры, которая была сформулирована в 1969 году Р. Пенроузом. Состоит она в том, что «не может быть *голых* сингулярностей»: неполнота пространства–времени не должна «столь сильно противоречить нашим интуитивным идеям детерминизма и предсказания»[1]. «Не может быть голых сингулярностей» означает, что должен существовать какой-то фактор, препятствующий их появлению. Поскольку такого фактора найти не удалось, была выдвинута гипотеза *слабой* космической цензуры. Последняя утверждает, что если сингулярность и существует, то таковая не видна «асимптотическому наблюдателю», т.е. нет лучей света, которые уходят на бесконечность из точек, в которых сингулярность может быть обнаружена[2].

Мне представляется, что проблема чёрных дыр не может быть решена при абстрагировании от принципов неклассической термодинамики, оперирующей понятиями положительной и отрицательной температуры в смысле абсолютной шкалы Кельвина. В теории Логунова космологический колебательный процесс должен был бы приво-

---

[1] *Шоке–Брюа И.* Математические вопросы общей теории относительности // Успехи математических наук. Т. 40. Вып. 6. 1985. С. 27.

[2] Там же. С. 27–28.

дить к общему росту энтропии во Вселенной. Спасением от этого роста, по автору, служит то обстоятельство, что разработанная им модель Вселенной не является замкнутой в виду плоского пространства. Но тогда возникает вопрос о сущности космологического горизонта. А ведь космологический горизонт сродни шварцшильдовской сфере чёрной дыры. При выборе геометрии Лобачевского космологический горизонт имеет вполне естественную геометрическую интерпретацию, при которой линия горизонта отождествляется с множеством бесконечно удалённых точек, принадлежащих с двух сторон каждой геодезической, расположенной на плоскости Лобачевского. Каждые две бесконечно удалённые точки, принадлежащие одной и той же геодезической, соединяются с другой стороны мнимой линией. Это есть как раз образец мнимой протяжённости, имеющий место в чёрной дыре наряду с мнимой временной длительностью.

Всё же можно сказать, что имеющиеся в РТГ недостатки, касающиеся её космологических предсказаний, вполне могут быть устранены при некотором усовершенствовании методики, на основании которой она строится. Путь усовершенствования – учёт принципов неклассической термодинамики, квантовой физики (релятивистской квантовой механики) и неевклидовой геометрии Лобачевского.

В заключение мне хотелось бы поблагодарить акад. А.А. Логунова за ту помощь, которую он оказал мне при подготовке данной статьи к публикации. Сделанные им критические замечания учтены в тексте статьи. Помимо этого, ценным для меня является следующее сообщение Анатолия Алексеевича. Начата работа над созданием того варианта РТГ, при котором в качестве естественной геометрии кладётся в основу теории геометрия Лобачевского. Будем надеяться, что эта работа получит своё завершение, и космология станет на более прочные ноги.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

А.Д. Панов

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМОЛОГИИ И КВАНТОВОЙ ГРАВИТАЦИИ

Методология физики и примыкающих к ней научных дисциплин возникла и развивалась преимущественно на основе философского осмысления опыта лабораторных исследований и наблюдений над регулярно повторяющимися небесными (астрономическими и метеорологическими) явлениями. В частности, в этом контексте очень полезными и эффективными оказались такие методологические принципы, как принцип наблюдаемости и принцип воспроизводимости эксперимента. Методология оказалась хорошо адаптированной именно к такому контексту, и она неявно предполагает, что другого контекста не существует.

Согласно принципу наблюдаемости, результаты физических теорий должны быть сформулированы в терминах, которые могут быть определены операционально, то есть прямо связаны с некоторой процедурой измерения. Иными словами, любая теория должна быть сформулирована в терминах измеримых величин, а сами измеримые величины приобретают смысл в рамках определенных теоретических моделей. Во избежание недоразумений надо отметить, что некоторые ингредиенты теории, возникающие на промежуточных этапах в ее математическом аппарате, могут прямо не соответствовать никаким наблюдаемым величинам. Таков, например, произвольный фазовый множитель перед волновой функцией в квантовой механике или точное значе-

ние потенциалов электромагнитного поля в электродинамике. Часто такие величины связаны с разными типами калибровочной инвариантности или калибровочной свободы, но могут появляться и по другим причинам. Принцип наблюдаемости показал свою исключительную эффективность, например, в анализе смысла понятия времени и одновременности при создании теории относительности, и в обсуждении принципа неопределенности (микроскоп Гейзенберга) и дополнительности во времена становления квантовой теории.

По нашему мнению, приведенная выше формулировка принципа наблюдаемости не только достаточно точно отвечает тому, как этот принцип был использован при создании специальной теории относительности и квантовой механики, но и практически точно таким же способом он используется в квантовой теории поля и в общей теории относительности (ОТО), пока речь не идет о космологических моделях. Становление принципа наблюдаемости в физике связано, в основном, с именами Гейзенберга и Эйнштейна, и соответствующие формулировки приведены, в частности, в статье Гейзенберга[1], где он, в числе прочего, описывает свое обсуждение принципа наблюдаемости с Эйнштейном. Одна сторона принципа наблюдаемости, а именно, то, что теории должны формулироваться в терминах наблюдаемых величин, сформулирована в упомянутой статье на стр. 303 Гейзенбергом как «...мысль об описании явлений только с помощью наблюдаемых величин». Вторая сторона принципа наблюдаемости – что сами измеримые величины приобретают смысл только в рамках определенных теоретических моделей – была сформулирована Эйнштейном, слова которого Гейзенберг приводит там же: «Можно ли наблюдать данное явление или нет – зависит от вашей теории. Именно теория должна установить, что можно наблюдать, а что нельзя». Однако, отно-

[1] *Гейзенберг В.* Теория, критика и философия. УФН. Т. 102. Вып. 2 (1970). С. 298–312.

шение Эйнштейна к принципу наблюдаемости было сложным. Он, в частности, заметил, что «...каждая разумная теория должна позволять измерять не только прямо наблюдаемые величины, но и величины, наблюдаемые косвенно»[1], и, по словам Гейзенберга, неодобрительно отзывался о принципе наблюдаемости в целом. Эйнштейн не определил точно, что следует понимать под косвенными измерениями в общем случае, поэтому не полностью понятно, что он имел в виду. Вопрос о косвенных наблюдениях не прост, и он будет иметь большое значение в нашем последующем обсуждении.

Согласно принципу воспроизводимости эксперимента, научную информацию дает только такой эксперимент (или наблюдение), который (по крайней мере в принципе) может быть повторен неограниченное число раз и дает при этом повторяющиеся (воспроизводящиеся) результаты. Однако принцип воспроизводимости имеет отношение не только к интерпретации экспериментальных результатов. С этим принципом в теории тесно связано понятие ансамбля систем, которое является ядром многих теоретических схем. Воспроизводимость эксперимента подразумевает возможность иметь неограниченное количество копий изучаемой системы в заданном состоянии, над которыми можно проводить заданное измерение. Такое потенциально неограниченное число копий системы в заданном состоянии называется ансамблем. Важно отметить, что воспроизводимость в физике не обязательно означает точную повторяемость результатов измерений (в пределах ожидаемых ошибок) над системой в одном и том же исходном состоянии, но может означать лишь статистическую устойчивость средних значений или вероятностных распределений величин. В этом случае различные серии измерений должны приводить к одинаковым статистическим результатам в пределах ожидаемых флуктуаций статистики. Именно

[1] Цит. стат. С. 303.

такой тип измерений над ансамблем и само существование ансамблей принципиально важны для формулировки квантовой теории, так как только в рамках ансамбля систем можно сделать ясным и недвусмысленным понятие средних значений и вероятностей, в терминах которых и формулируется связь квантовой теории с экспериментом. Следует добавить, что принцип воспроизводимости эксперимента и существование ансамблей определяет возможность измерений, в принципе, с любой наперед заданной точностью, так как статистические ошибки могут быть сделаны как угодно малыми за счет неограниченного увеличения статистики. Таким образом, интерпретация принципа наблюдаемости как измеримости, в принципе, с любой наперед заданной точностью зависит от принципа воспроизводимости.

Ниже мы рассмотрим значение принципов наблюдаемости и воспроизводимости в современных направлениях исследований фундаментальной физики, при этом нам придется обсуждать некоторые новые понятия, для которых не существует сложившейся терминологии. Мы не будем вводить для них новых терминов, но вместо этого некоторые существующие понятия нагрузим новым смыслом, и будем в рамках настоящей статьи использовать их не вполне традиционным образом. Такое словоупотребление надо понимать чисто формальным образом, подобно тому, как, например, в математике под термином *росток* понимается множество функций с одинаковым локальным поведением в данной точке, но вовсе не новорожденное растение в биологическом смысле. Такими формальными терминами будут используемые нами ниже понятия: традиционной методологии, объективного измерения и предиктивности и модельной реальности.

Методологию, основанную на принципах наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента, будем называть (в контексте данной статьи) *традиционной методологией*. Помимо принципов наблюдаемости и воспроизводимости третьим важнейшим методологическим принципом являет-

ся принцип фальсифицируемости, который означает, что теория должна давать такие предсказания для эмпирической проверки, которые в принципе могут быть однозначно отвергнуты экспериментом. Принцип фальсифицируемости вместе с принципами наблюдаемости и воспроизводимости дают то, что мы будем называть критерием научности знания в современном понимании. Надо, однако, отметить, что в реализации этого критерия всегда было множество тонкостей, на которых здесь нет возможности останавливаться[1]. Так, например, ряды метеорологических наблюдений представляют вполне научное знание, хотя не удовлетворяют критерию воспроизводимости, так как по определению относятся к уникальным событиям, и т.д. Однако в реализации традиционной методологии наметились и такие проблемы, которые тонкостями не назовешь.

В физике принципы наблюдаемости и воспроизводимости были чрезвычайно полезными и конструктивными и не приводили к серьезным трудностям до тех пор, пока можно было ограничиться изучением относительно простых и компактных объектов. Однако перенос той же методологии на более сложные случаи приводит к очень серьезным проблемам. Вот характерные примеры.

Один пример относится к понятиям квантовой вероятности и квантового состояния в применении к сложным макрообъектам. Если рассматривается некоторая относительно простая квантовая система (например – спин электрона) в заданном состоянии, то в принципе можно рассмотреть ансамбль, состоящий из неограниченного числа копий таких систем. Это означает, что такой ансамбль в принципе можно приготовить для экспериментального изучения. Проведя над этим ансамблем достаточно большое количество взаимно дополнительных (в квантовом смысле) измерений, можно с любой наперед заданной точностью определить распределения вероятностей и ожидае-

[1] См., напр. *Ильин В.В.* Критерии научности знания. М., 1986.

мые значения соответствующих наблюдаемых и с их помощью полностью реконструировать начальное состояние системы (это иногда называется квантовой томографией состояния). Например, для ансамбля, представляющего некоторое спиновое состояние электрона, достаточно измерить средние значения спина вдоль трех различных направлений[1]. Аналогичную процедуру можно реализовать и в более сложных случаях. В этом смысле квантовые вероятности, как и квантовое состояние, полностью удовлетворяют принципу наблюдаемости, являются нормальными физическими характеристиками системы и являются наблюдаемыми элементами физической реальности.

Если рассмотреть пару электронов, или, например, атом водорода, состоящий из протона и электрона, то будем иметь сложные квантовые системы, состоящие из более простых. Эти более сложные системы тоже могут характеризоваться квантовыми вероятностями и квантовыми состояниями, которые операционально могут быть определены на языке ансамблей, подобно тому, как это было показано выше. Принципиальных проблем не возникает. Сложная система, состоящая из двух или нескольких более простых квантовых подсистем, сама является квантовой системой и обладает квантовым состоянием, как и следовало ожидать.

Однако, если в качестве сложной системы, состоящей из квантовых подсистем – атомов и молекул, рассмотреть, например, некоторого конкретного человека, то окажется, что принципиально невозможно построить ансамбль таких систем в заданном состоянии. Мало того, что каждый человек абсолютно уникален, один и тот же человек на про-

[1] В каждом отдельном измерении измеряется проекция спина только на одно направление. Проекции на различные направления не измеримы одновременно. Но имея ансамбль систем в одном и том же начальном состоянии, для разных подансамблей можно измерить проекции спина на разные направления и найти соответствующие средние значения или вероятности, относящиеся к исходному ансамблю. Эти средние значения позволяют восстановить спиновое состояние, характеризующее исходный ансамбль.

тяжении своей жизни не окажется даже дважды в одном и том же состоянии (в том числе – из-за неустранимого квантового взаимодействия с окружением), не говоря о неограниченном количестве повторений состояния. Подчеркнем, что состояние крупного и сложного макрообъекта, вообще говоря, принципиально невоспроизводимо в нашей Вселенной, так как оно подвергается непрерывному и неконтролируемому воздействию со стороны всей остальной Вселенной (например, в форме теплового излучения и микроволнового реликтового излучения)[1]. Фактически, каждое состояние макрообъекта почти столь же уникально, как и состояние всей Вселенной из-за непрерывного, неустранимого и неконтролируемого квантового перепутывания состояния этого макрообъекта с состоянием оставшейся части Вселенной. Отсюда следует, что, строго говоря, квантовые вероятности и квантовые состояния сложных макрообъектов вроде человека являются принципиально операционально неопределимыми. Означает ли это, что квантовое состояние человека просто не существует и человек вообще не может рассматриваться как квантовая система? Это кажется нелепым, ведь тело человека заведомо состоит из частей – атомов, каждый из которых является квантовой системой. Тем более, что весьма плодотворными в квантовой теории являются разного рода мысленные эксперименты, в которых рассматриваются системы, одной из составных частей которых является наблюдатель, трактуемый как квантовая система. Строго говоря, рассмотрение таких мысленных экспериментов с точки зрения принципов наблюдаемости и повторяемости методологически неприемлемо.

---

[1] Существуют макрообъекты специального вида, для которых понятие квантового состояния хорошо операционально определено. Это макрообъекты, состояние которых отделено от низших возбужденных состояний энергетической щелью, которая препятствует передаче возбуждений от окружения к объекту. Такими объектами являются, например, сверхтекучие жидкости и токи в сверхпроводниках.

Другой пример связан с квантовой космологией. Здесь дела обстоят еще хуже, так как объектом изучения квантовой космологии должно быть квантовое поведение Вселенной в целом. В рамках квантовой космологии Вселенная приобретает статус всеобъемлющего и, тем самым, принципиально единственного в своем роде физического объекта[1], который при этом является существенно квантовым и совершает уникальную квантовую эволюцию[2]. В этом случае возникает множество проблем, одной из которых является то, что квантовые вероятности и квантовое состояние такой всеобъемлющей системы заведомо не имеют простого операционального смысла, так как ничего подобного ансамблю вселенных в одном и том же начальном состоянии с экспериментальной точки зрения иметь невозможно. Между тем, рассматривать Вселенную как квантовый объект необходимо для того, чтобы понять некоторые реально наблюдаемые явления. Среди них важнейшими являются анизотропия реликтового излучения и крупномасштабная неоднородность распределения вещества во Вселенной, которые являются следствием квантовых флуктуаций на очень ранней стадии эволюции Вселенной, когда были существенны крупномасштабные квантовые эффекты. Более того, квантово-космологические представления уже были применены с исключительным успехом для

[1] Статус Вселенной или универсума как всеобъемлющего *физического* объекта в рамках различных космологических теорий рассмотрен в статье: В.В. Казютинский, Эпистемологические проблемы универсального эволюционизма // Универсальный эволюционизм и глобальные проблемы. М.: ИФРАН, 2007. В статье объясняется, что в этом смысле онтологическое содержание понятия «Вселенная» зависит от конкретной космологической теории и существенно отличается от философской категории «все сущее».

[2] Точнее, не совершает никакой эволюции. В большинстве моделей квантовой космологии квантовая Вселенная в целом является стационарным объектом и описывается безвременным квантовым уравнением Уилера-Де-Витта. Эволюция возникает только как эффективное понятие для наблюдателей, находящихся внутри Вселенной.

предсказания углового спектра анизотропии реликтового излучения (включая очень тонкие детали явления) и масштаба неоднородности наблюдаемого распределения вещества во Вселенной. Как понять этот результат? С точки зрения традиционной методологии он неприемлем, так как представление о Вселенной как о квантовом объекте в рамках принципов наблюдаемости и повторяемости лишено смысла. Однако успех этого неприемлемого с точки зрения традиционной методологии подхода слишком уж очевиден. Необходима нетрадиционная методология (в том или ином ее варианте).

По поводу квантовой космологии сделаем одно важное замечание. С квантовой космологией очень тесно связаны квантовые теории гравитации. Связь здесь такая. Не любая космологическая модель или теория, в которой существенны квантовые эффекты, является в то же время и моделью квантовой гравитации. Например, квантовые флуктуации, приводящие к анизотропии реликтового излучения, не имеют отношения к квантово-гравитационным эффектам (по крайней мере частично) и могут рассматриваться вне моделей квантовой гравитации. Речь здесь идет о квантовых флуктуациях поля инфлатона – скалярного поля, приводящего к инфляции, которые являются обычными квантово-полевыми флуктуациями, не имеющими прямого отношения к квантовой гравитации или квантованию пространства-времени. Но почти любая квантово-гравитационная теория описывает как единую квантовую систему всё пространство-время, то есть фактически является одновременно и моделью квантовой космологии. В этом качестве для квантовой гравитации характерны все те методологические проблемы, которые были упомянуты выше в отношении квантовой космологии. Ниже, говоря о проблемах квантовой космологии, мы всюду будем подразумевать и аналогичные проблемы в квантовой гравитации.

Как могут быть разрешены эти парадоксы (т.е., почему и как методологически неприемлемые теории приводят

к практически полезным результатам), до сих пор не вполне ясно. Одно из возможных объяснений состоит в том, что эти парадоксы являются следствием попытки механически распространить традиционную методологию за те рамки, в пределах которых эта методология ранее была установлена и апробирована. Вероятно, следует честно признать, что методология науки не является чем-то совершенно незыблемым, но определенная методология может иметь границы применимости подобно тому, как имеет границы применимости и каждый отдельный физический закон. Важно отдавать себе отчет о возможности существования таких границ и необходимости ревизии важнейших методологических принципов при вынужденном выходе за эти границы, что как раз и означает переход к нетрадиционной методологии. Где же находятся эти границы и что могут представлять собой новые методологические принципы?

Мне представляется, что космология (и особенно – квантовая космология), квантовая гравитация и некоторые другие разделы физики вроде квантовой теории сознания заведомо лежат за этими границами, о чем говорят упомянутые выше парадоксы. Просто каким-либо уточнением существующих методологических принципов здесь, видимо, не обойтись – изменения методологии должны быть явными и довольно радикальными. Впрочем, исследователи в этих областях науки фактически уже давно выходят за рамки стандартной научной методологии (как это понятие было определено выше), но делают это неявно и, видимо, часто не вполне осознанно.

По моему мнению, имеется необходимость перейти от принципов наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента (за пределами их применимости) к некоторым более общим положениям. Мы их попытаемся сформулировать следующим образом. Во-первых, теории должны всего лишь *давать предсказания, хотя бы косвенно проверяемые в экспериментальных наблюдениях*, но необязательно все существенные выходные данные теории должны быть

строго операционально определимы. Это положение ниже будем называть *принципом предиктивности*, который заменяет принцип наблюдаемости. Во-вторых, сами экспериментальные наблюдения должны обладать свойством объективности, но не обязательно воспроизводимости. Это положение будем называть *принципом объективности наблюдений*, оно заменяет принцип воспроизводимости эксперимента. Введенные методологические положения требуют пояснений (в частности, было использовано не определенное понятие косвенного измерения). Хотелось бы, конечно, дать точные, строгие и исчерпывающие определения для введенных понятий, но эта задача представляется слишком сложной, и мы не будем пытаться ее здесь решить. Вместо этого поясним смысл введенных понятий просто на уровне здравого смысла, с использованием нескольких примеров.

Под «объективными экспериментальными наблюдениями» (принцип объективности) здесь понимаются наблюдения, обладающие следующими двумя свойствами. Во-первых, такие наблюдения подразумевают, что их результаты прямо доступны неограниченному числу экспертов-наблюдателей. Тем самым исключены, например, самонаблюдения над индивидуальным состоянием сознания экспериментатора и другие подобные наблюдения субъективного характера. Это нетривиально, так как некоторые подходы к интерпретации квантовой теории, и, в частности, в отношении квантовой структуры Вселенной, могут включать подобные самонаблюдения[1]. Допущение подобных субъективных методов означало бы дальнейшее расширение методологической базы, что в данном случае не требуется. Во-вторых, требуется, чтобы наблюдения осуществлялись с помощью оборудования, которое приводит к воспроизводимым результатам в обычном смысле в *тес-*

[1] *Менский М. Б.* Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. Фрязино, 2007.

товых экспериментах и калибровочных измерениях. От самих результатов измерений воспроизводимости, вообще говоря, не требуется, так как они могут иметь в каком-то смысле уникальный характер или не быть воспроизводимыми контролируемым образом. Примерами объективных, но невоспроизводимых наблюдений являются наблюдения некоторых уникальных астрофизических событий, например, нейтринной вспышки от взрыва сверхновой 1987А в Магеллановом облаке[1]. Невоспроизводимость некоторых объективных наблюдений нередко создает проблемы. Так, например, в то время, как особых сомнений в достоверности регистрации нейтринного сигнала сверхновой 1987А нет (так как он был зарегистрирован несколькими нейтринными телескопами с разной степенью надежности), то же самое нельзя сказать о регистрации гравитационного импульса, сопровождающего взрыв сверхновой 1987А, единичной установкой в Римском эксперименте по обнаружению гравитационных волн[2].

Отметим, что принцип *объективности наблюдения* представляет собой ослабленный вариант принципа воспроизводимости, так как из воспроизводимости эксперимента всегда следует объективность соответствующего наблюдения, но обратное, вообще говоря, неверно. Можно отметить, что в качестве критерия научности экспериментальных результатов принцип объективности наблюдения очень часто и уже довольно давно используется неявно вместо критерия воспроизводимости эксперимента.

Рассмотрим теперь более подробно принцип предиктивности теорий. Принцип предиктивности требует, чтобы теории давали *принципиально* проверяемые следствия (вовсе не обязательно, чтобы эти следствия были проверяемы

---

[1] *Имшенник В.С., Надёжин Д.К.* 1988. Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом облаке: наблюдения и теория. УФН, Т. 156. Вып. 4. С. 561–651; Моррисон Д.Р.О. 1988. Сверхновая 1987А: обзор. УФН. Т. 156. Вып. 4. С. 719–752.

[2] Там же.

на уже достигнутом технологическом уровне!), *некоторым* образом (хотя бы косвенно) связанные с экспериментом, но не требует, чтобы каждый существенный ингредиент теоретической модели обязательно имел строгий операциональный смысл. Мы затрудняемся в общем виде определить, что следует понимать под непрямой (косвенной) связью теории и эксперимента, которое, по сути, является ядром понятия предиктивной теории. Вместо этого разберем смысл понятия предиктивности на важном и весьма нетривиальном реальном примере предсказания анизотропии реликтового излучения в инфляционной космологии, а вопрос о точном определении оставим для будущих исследований.

Квантовая теория, будучи примененной к ранним (инфляционным) стадиям эволюции Вселенной, предсказывает определенное распределение для квантовых флуктуаций поля инфлатона, которые в конце концов и становятся источником неоднородности распределения материи горячей вселенной и, затем, анизотропии реликтового излучения. Переход из фазы инфляции к фазе разогрева Вселенной[1,2] эквивалентен некоторому измерению (в том смысле, в котором измерение понимается в квантовой теории) амплитуды этих квантовых флуктуаций. Виртуальные квантовые флуктуации фиксируются в виде флуктуаций плотности материи в классическом результате такого «измерения». Строго говоря, квантовая теория предсказывает лишь распределение вероятностей для получения различных картин распределения этих флуктуаций в пространстве и, соответственно, для получения различных распределений угловой анизотропии температуры реликтового излучения по небу[3].

---

[1] *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. М., 1988

[2] *Linde A.* 2007. Inflationary Cosmology. arXiv:0705.0164v2 [hep-th] (http://arxiv.org/abs/0705.0164)

[3] Точный квантовый смысл анализа обычно несколько замаскирован полуфенологическим и полуклассическим характером реально проводимых вычислений (см., например, *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.*

Чрезвычайно важны две вещи. Во-первых, соответствующие квантовые вероятности операционально неопределимы (так как невозможен ансамбль вселенных), при том, что они представляют собой основной результат теоретической модели. Т.е. мы имеем дело с теорией, явно не удовлетворяющей классическому принципу наблюдаемости. Во-вторых, то, что мы видим, является результатом всего лишь единичного «измерения» картины распределения флуктуаций из всего того множества, которое описывается распределением вероятностей. Поэтому в точности то, что мы видим, с точки зрения квантовой теории принципиально непредсказуемо, так как квантовая теория не предсказывает результаты единичных измерений – она предсказывает только распределения вероятностей. Мы же имеем дело с единичным результатом измерения, который, в соответствии с теорией, может быть просто любым. Что же в таком случае можно сравнить (и реально сравнивается) с теорией?

Фактически теория предсказывает, что *наиболее вероятны* такие распределения флуктуаций плотности в момент разогрева Вселенной, которые приводят ко вполне определенному спектру неоднородностей плотности (именно: к почти плоскому спектру) и, затем, к определенным

Космология ранней Вселенной. М., 1988. Гл. 11). Например, сначала в вычислениях могут делаться корректные квантовые оценки величины виртуальных флуктуаций поля инфлатона, но затем они рассматриваются как обычные классические вариации поля, и вычисляется, насколько вариации амплитуды поля смещают во времени момент окончания инфляции (что и является причиной флуктуации плотности материи). В действительности надо понимать, что вся эволюция квантовых флуктуаций, включая и разные моменты завершения инфляции, в точной квантовой картине происходит виртуально, то есть должна представляться как квантовая суперпозиция набора различных классических эволюций. Разогрев Вселенной и окончание инфляции делают одну из этих эволюционных траекторий действительной для нас, для наблюдателей. В полуклассическом подходе эти тонкости игнорируются, что не меняет общий квантовый смысл анализа.

корреляциям в распределении температуры реликтового излучения по небу (к определенному типу анизотропии). В предположении, что именно такая наиболее вероятная картина и реализовалась, можно сравнить то, что мы видим, с тем, что теория предсказывает в качестве наиболее вероятного результата. Но мы априори не имеем никаких гарантий, что реализовался именно наиболее вероятный результат. Поэтому если мы обнаруживаем в наблюдениях существенное отклонение от этого наиболее вероятного результата, то нет никакого способа решить, в чем дело: теория неверна, или мы имеем дело с большой квантовой статистической флуктуацией.

Интересно, что реально имеет место именно этот последний случай. Имеется существенный недостаток в анизотропии с большими углами (одна или две низшие угловые гармоники в анизотропии), и невозможно понять, имеем ли мы дело со статистической флуктуацией, или с теорией что-то не то. Существенное отличие ситуации, которую мы имеем, от нормальной ситуации в квантовой теории измерений состоит в том, что нормально мы можем измерить все распределения вероятностей или средние значения с любой наперед заданной точностью, просто используя достаточно большой ансамбль систем. В космологии анизотропии реликтового фона, напротив, мы имеем дело фактически с единичным результатом квантового измерения или с ансамблем, состоящим из всего одного экземпляра системы и одного измерения над ней, и ничего не можем сделать для того, чтобы уменьшить статистическую погрешность. И мы в принципе не имеем никаких гарантий (кроме здравого смысла и статистических оценок), что полученное согласие или несогласие теории и наблюдений не является результатом просто статистической флуктуации. Таким образом, хотя связь теории с экспериментом имеется (и чисто внешне выглядит, как очень хорошее подтверждение теории наблюдениями), на самом деле эта связь весьма косвенная (это можно рассматривать как один из

примеров косвенного измерения), и принцип наблюдаемости для теории не выполнен. Теория дает предсказания, лишь достаточно сложным образом связанные с наблюдением, и это есть пример выполнения принципа предиктивности, но не принципа наблюдаемости в точном смысле. В данном случае эта лишь косвенная связь теории с измерениями приводит к тому, что теория принципиально не может быть проверена со сколь угодно высокой точностью.

Эта фундаментальная неопределенность хорошо известна и называется космической вариабельностью (cosmic variance)[1]. Для мультиполя с номером l в анизотропии реликтового фона относительная амплитуда этой неустранимой вариабельности составляет величину порядка $[l(l+1)]^{-1/2}$, что для низшего мультиполя $l = 2$, который соответствует углу 90°, дает величину масштаба 50 %. Именно здесь имеется максимальное расхождение теории и эксперимента, которое составляет величину около 90 % от ожидаемого значения (т.е. наблюдается анизотропия в десять раз ниже ожидаемой). Хотя такое расхождение на фоне ожидаемой неустранимой вариабельности в 50 % невозможно считать статистически значимым, остается ощущение тревожной неопределенности в отношении природы этого отклонения. Важно, что никаким улучшением экспериментальных методик неопределенность эту устранить невозможно. Отметим, что ни в цитированной статье [2], ни в других источниках, где обсуждается космическая вариабельность, не представлено явное понимание того, что эта неопределенность является выражением принципиального ослабления эмпирической методологической базы в квантовой космологии по сравнению с традиционной методологией.

Можно заметить, что и в обычных квантовых измерениях (да и в любых других измерениях) результат тоже

---

[1] *Mukhanov V.* CMB-slow, or How to Estimate Cosmological Parameters by Hand. Int. J. Theor. Phys. V. 43. 2004. P. 623–668. (arXiv: astro-ph/0303072v1).

[2] Там же.

всегда получается лишь с конечной точностью. Однако эту точность, в принципе, всегда можно неограниченно увеличивать, используя ансамбли все большего размера, в то время как в примере наблюдения анизотропии реликтового фона никакое увеличение точности невозможно, так как мы ограничены ансамблем, состоящим из единственного квантового измерения. Эта ограниченная точность является для нас таким же фундаментальным свойством нашей Вселенной, как и принцип неопределенности, что является выражением более ограниченной эмпирической базы предиктивной теории по сравнению с теорией, отвечающей принципу наблюдаемости.

В отношении предиктивных теорий возникает следующий вопрос. Предположим, некоторая теория прошла проверки экспериментом и дала важные предсказания новых явлений, существование которых тоже подтверждено наблюдениями. При этом теория содержит *существенные*[1] элементы, которые прямо не связаны с выполнимыми наблюдениями и не имеют прямого операционального смысла. Такими элементами могут быть некоторые объекты или некоторые свойства каких-либо объектов. Более того, теория может явно запрещать возможность прямого наблюдения этих элементов. Обоснованно предполагая, что теория «правильная», так как она дает правильные и полезные предсказания, должны ли мы считать такие ненаблюдаемые элементы реальными вместе с «реальностью» теории?

Я думаю, что дело здесь в неверной постановке вопроса как «или-или». Когда мы интересуемся, реален некоторый

[1] Слово «существенные» в этом контексте требует определения, которое, однако, мы пока не можем дать в достаточно замкнутом и общем виде. Примерами существенных элементов теории являются вероятностные предсказания любой квантовой теории, так как это вообще единственный способ связи теории с наблюдениями. При этом в теориях квантовой космологии и в квантовой теории макроскопических объектов эти вероятности, как мы видели, оказываются операционально неопределимыми – ненаблюдаемыми. Другим типом «существенного» элемента теории является Мультиверс в инфляционной космологии (рассматривается ниже).

объект или не реален, мы неявно апеллируем к традиционной методологии, основанной на принципе наблюдаемости. В рамках традиционной методологии понятие реальности хорошо определено: что наблюдаемо, то и реально. Мы же работаем в рамках новой методологии, и в рамках этой методологии такие объекты получают статус, который не отвечает точно ни «реальности», ни «нереальности» в рамках старой методологии. Такой статус объекта логично назвать *модельно-реальным*, и этот статус не соответствует точно ни одному из старых понятий. Важно также отметить, что некоторый объект, который на определенном этапе развития теории имеет статус модельно-реального, со временем, в принципе, может поменять свой статус на просто реальный, то есть доступный прямому наблюдению. Для того, чтобы пояснить понятие модельной реальности теоретических объектов (элементов теории), полезно рассмотреть некоторые примеры.

Примеры модельно-реальных объектов мы уже, фактически, упоминали выше – это квантовое состояние Вселенной в моделях квантовой космологии и квантовой гравитации и квантовые состояния сложных макроскопических объектов. Другим объектом этого типа и, возможно, одним из самых интересных таких объектов, является инфляционный Мультиверс и заполняющие его «другие вселенные».

Как известно, инфляционная космология (см.[1]) смогла решить многие загадки фридмановской космологии и дала важнейшее предсказание анизотропии реликтового излучения, которое было блестяще подтверждено в более поздних наблюдениях. Однако бóльшая часть инфляционных сценариев, в том числе наиболее простые и естественные сценарии, которые пока лучше всего соответствуют наблюдениям, описывают инфляционное рождение не одной Вселенной (нашей собственной), а сразу огромного числа

[1] *Linde A.* 2007. Inflationary Cosmology. arXiv:0705.0164v2 [hep-th] (http://arxiv.org/abs/0705.0164).

вселенных (можно считать, что актуально бесконечного числа). Эти «дополнительные» вселенные являются практически неизбежным (или, по крайней мере, очень естественным) компонентом теории, которая прекрасно согласуется с наблюдениями. Множество этих вселенных называется Мультиверсом, или инфляционным Мультиверсом. Геометрия Мультиверса такова, что все другие вселенные в простейшем случае (в случае отсутствия топологических дефектов пространства, см. ниже) оказываются за нашим горизонтом событий и потому непосредственно недоступны для наблюдения. По этой причине Мультиверс, в соответствии с теорией инфляции, породившей это понятие, не удовлетворяет принципу наблюдаемости и в традиционной методологии должен быть признан несуществующим, а структура самой теории инфляции – неудовлетворительной, как предсказывающей существенные для нее ненаблюдаемые объекты.

Заметим, что Мультиверс, ведь, не является каким-то второстепенным элементом теории, появляющимся лишь на промежуточных этапах вычислений, вроде фазового множителя перед волновой функцией в квантовой механике. Здесь причина «существенности» объекта состоит, в частности, в том, что внутри самой инфляционной космологии наша собственная Вселенная имеет точно такой же статус, как и все другие локальные вселенные Мультиверса. Все они являются наблюдаемыми с точки зрения гипотетических локальных наблюдателей, помещенных в эти локальные вселенные, но только не с нашей собственной локальной точки зрения. То есть, здесь причина существенности объекта в теории состоит в существовании гипотетических наблюдателей, для которых объект реален. Эта причина отличается от причины существенности операционально неопределимых вероятностей в квантовой космологии и квантовой теории макрообъектов (см. выше).

Таким образом, так как инфляционная космология является весьма успешной теорией, подтверждаемой наблю-

дениями, но при этом подразумевает существование ненаблюдаемого Мультиверса, то Мультиверс в этой теории имеет статус модельно-реального объекта.

Поясним, как, в принципе, Мультиверс может поменять статус с модельно-реального на просто реальный. Если вселенные Мультиверса могут иметь топологические дефекты в виде пространственно-временных тоннелей, известных как кротовые норы, то не исключено, что они могут соединять различные вселенные (имеются соответствующие модели, являющиеся решениями уравнений ОТО[1]). Тогда через такой тоннель вселенные в принципе могут обмениваться информацией или даже материей. Кротовые норы в нашей Вселенной могут проявлять себя как астрофизические объекты особого рода[2] . Если такие объекты когда-нибудь будут обнаружены и будет показано, что они действительно соединяют разные вселенные, то существование Мультиверса будет доказано прямыми наблюдениями, после чего Мультиверс получит статус реального объекта.

Мультиверс является довольно экзотическим объектом, поэтому и его статус как модельно-реального объекта не слишком удивляет. Однако можно показать, что статусом модельно-реального элемента теории обладает и гораздо более привычное представление о глобальной однородности Вселенной. Действительно, проводя астрономические наблюдения очень удаленных областей Метагалактики, мы одновременно смотрим в далекое прошлое. Так как Вселенная расширяется, то в далеком прошлом плотность материи в ней была много выше, чем сейчас. Поэтому в прямых наблюдениях удаленных областей пространства мы обнаружим среднюю плотность материи более высокую,

---

[1] *А.А. Шацкий, И.Д. Новиков, Н.С. Кардашев.* Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной. УФН, Т. 178. No 5. 2008. С. 481–488.

[2] *И.Д. Новиков, Н.С. Кардашев, А.А. Шацкий.* Многокомпонентная Вселенная и астрофизика кротовых нор. УФН, Т. 177. No 9. 2007. С. 1017–1023.

чем в нашем непосредственном окружении. Утверждение же о глобальной однородности Вселенной относится к плотности материи, измеренной в одно и то же космологическое время во всех точках пространства. Но одновременные с нами в смысле космологического времени и удаленные на космологические расстояния участки пространства находятся за нашим горизонтом событий и принципиально недоступны прямым наблюдениям. Т.е., если под прямыми наблюдениями понимать наблюдения причинно связанных с нами объектов[1], то однородность Вселенной не является прямо наблюдаемым свойством Вселенной. Глобальную однородность Вселенной можно подтвердить только, сравнив предсказания однородной космологической модели Фридмана-Робертсона-Уокера с результатами наблюдений, или пересчитав прямо наблюдаемую картину распределения плотности для разных времен (в зависимости от расстояния) на один и тот же момент космологического времени во всем пространстве в соответствие с моделью Фридмана-Робертсона-Уокера. Глобальная однородность Вселенной приобретает реальность только благодаря интерпретации экспериментальных данных с помощью однородных и изотропных космологических моделей, но недоступна в прямых наблюдениях, поэтому она имеет статус модельно-реальной, подобно Мультиверсу. В этом смысле предсказанная моделями инфляции картина анизотропии реликтового излучения тоже может (и даже должна) интерпретироваться как косвенное проявление существования Мультиверса. Более того, причина не полной, а лишь модельной реальности для Мультиверса и для однородности Вселенной одна и та же – в обоих случаях речь идет о реальности объектов, находящихся за нашим горизонтом событий[2].

---

[1] Идея разделять наблюдения на прямые и непрямые по признаку причинной связанности явления или объекта с наблюдателем принадлежит Е.А. Мамчур.

[2] В этом анализе опущены некоторые несущественные тонкости. Например, если сейчас в лабораторном журнале сделать запись о плотности материи в окрестности нашей Галактики, то через 14 млрд. лет

Пример с глобальной однородностью Вселенной показывает, что различие между реальностью и модельной реальностью теоретических объектов является довольно тонким, и часто не осознается. Модельная реальность объектов наивно принимается просто за реальность.

Вернемся к принципу фальсифицируемости теорий. В традиционной методологии, если некоторая теория дает проверяемые следствия, то эти следствия могут быть в принципе проверены с любой требуемой точностью благодаря принципу воспроизводимости эксперимента. Поэтому, если только следствия теории не слишком тривиальны, теория автоматически оказывается фальсифицируемой, причем фальсифицируемой с любой требуемой надежностью (когда она приводит к следствиям, противоречащим результатам наблюдений). В нетрадиционной методологии ситуация сложнее, что мы видели на примере измерения анизотропии реликтового фона. Так как эксперимент может не обладать свойством воспроизводимости по отношению к рассматриваемой теории (мы имеем только один экземпляр рисунка анизотропии фона на небе, а надо бы – неограниченную выборку таких рисунков), то и теория не может быть фальсифицирована с любой наперед заданной степенью надежности. Расхождение наблюдений с теорией всегда можно списать на счет неконтролируемой флуктуации. Нетрадиционная методология приводит к возможности фальсификации теорий лишь с ограниченной степенью точности. Таким образом, изменение в принципах наблю-

станет доступна прямая информация об областях пространства, которые сейчас находятся вблизи горизонта событий. Тогда, сравнив прямо измеренные данные с записью в журнале, сделанной 14 млрд. лет назад, можно будет прямо убедиться в однородности Вселенной в рамках горизонта, имевшего место 14 млрд. лет назад (но не в момент проверки). Не очень понятно, можно ли такие измерения считать прямыми для нас сейчас. В любом случае это меняет ситуацию не очень принципиально, так как в нашей Вселенной могут иметься области, которые навсегда останутся вне горизонта событий, если Вселенная расширяется с ускорением. Для таких областей однородность пространства никак не может быть установлена прямо.

даемости и воспроизводимости неминуемо влечет изменение в понимании и принципа фальсифицируемости.

Вне всяких сомнений, принятие новой методологии означает снижение уровня научной строгости, что не может не вызывать беспокойства. Применение новой методологии в традиционных областях науки было бы совершенно неоправданным. Однако альтернатива, насколько мы ее понимаем, такова: либо значительную часть современной космологии и квантовой теории надо признать лежащей вне науки (если строго придерживаться традиционной методологии), либо принять новую методологию (как она была представлена в этой статье или какую-нибудь ее модификацию) и продвигаться дальше в таких дисциплинах, как инфляционная и квантовая космология, квантовая гравитация, квантовая теория сознания, и некоторых других направлениях, настоятельно требующих расширения методологической базы.

Нет никакой возможности доказать, что новая методология в каком-то смысле более правильная или менее правильная, чем традиционная. В конечном счете обоснованность выбора может определяться только субъективно понятой продуктивностью того или иного решения[1]. Фактически, новая методология или какой-то ее вариант принимается большинством исследователей, работающих в упомянутых выше областях. Однако выбор новой научной методологии рефлексируется очень слабо, остается неявным, и это порождает немало недоразумений, вплоть до того, что, например, космологи объявляются шарлатанами, Мультиверс – «научным мифом» и т.д.

Очень интересной публикацией, отражающей явное *понимание* ограниченности стандартной научной методоло-

[1] Отметим, что объективного критерия продуктивности нет, так как сама оценка продуктивности тоже зависит от методологических установок. То, что одни будут называть ценным результатом теории, другие, которые априори не согласны с принятыми в этой теории методологическими установками, просто вообще не будут считать результатом. Круг замыкается.

гии применительно к космологии и квантовой гравитации, но при этом настаивающей на необходимости оставаться в рамках традиционной методологии, является недавно вышедшая статья известного специалиста в области космологии, квантовой гравитации и теории струн Ли Смолина[1].

Статья довольно многоплановая, не совсем проста для понимания, и я не берусь представить здесь все многообразие ее аргументации. Скорее, постараюсь дать свое понимание тех ее аспектов, которые относятся к обсуждавшимся выше вопросам.

Лейтмотивом статьи является мысль, что представления о Мультиверсе и о квантовом состоянии нашей собственной Вселенной физически бессмысленны. Первое бессмысленно по причине ненаблюдаемости Мультиверса, второе – по причине операциональной нереализуемости понятия квантовой вероятности в приложении к единственному экземпляру один раз эволюционирующей Вселенной, который только и доступен нашему наблюдению. Как мы видели, эти утверждения абсолютно верны в рамках традиционной методологии физики, основанной на принципах наблюдаемости и воспроизводимости. Собственно, мы и начали анализ с этих положений, так что здесь нечего возразить. Ли Смолин, сознательно и жестко придерживаясь стандартной методологии, доводит анализ до логического завершения.

В качестве одного из основных принципов космологии он предлагает следующее утверждение: «Существует только одна Вселенная. Не существует других вселенных, и не существует также ничего, что могло бы быть изоморфно им» (возвращаясь, тем самым, к традиционному пониманию объекта космологии). Это очень жесткое утверждение является вполне логичным и даже красивым следствием принципа наблюдаемости по той простой причине, что ни

[1] *Smolin Lee.* The unique universe, 2009. http://physicsworld.com/cws/article/indepth/39306

другие вселенные, ни объекты, изоморфные другим вселенным или Мультиверсу не могут иметь атрибута существования *в рамках точного принципа наблюдаемости*. Все, что наблюдаемо, по определению входит в нашу Вселенную, что ненаблюдаемо – просто не существует.

Хотелось бы отметить, что последствия столь жесткой декларации более чем значимы (сам Ли Смолин по этому поводу ничего не пишет). Поскольку инфляционная космология определенно содержит в себе объекты, изоморфные другим вселенным, а именно – всю концепцию Мультиверса, то она не имеет права на существование, то есть не может рассматриваться как жизнеспособная теория. Вместе с ней исчезают предложенные ей решения загадок фридмановской космологии (плоскостность, проблема горизонта и др.), предсказание анизотропии микроволнового фона и возмущений материи, из которых сформировались протогалактики, а также вся богатая идеями наука, которую породила концепция инфляции. Подчеркнем, что этот выглядит совершенно логичным, и, принимая точный принцип наблюдаемости, против этого нельзя возразить ни единого слова. Только вот вряд ли такой подход можно назвать продуктивным.

По моему глубокому убеждению, основным назначением науки является понимание природы – по крайней мере именно этот мотив движет исследователем. Наука, конечно, имеет и прикладное значение, и, чисто логически, может рассматриваться как способ предсказывать поведение систем по начальным данным, но не это главное, а главное – понимание. Трудно возражать против того, что инфляционная космология дала колоссальный объем и глубину нового понимания природы, и вот теперь все это понимание нужно объявить неприемлемым. С логической точки зрения такое положение дел совершенно нормально в рамках традиционной методологии, но психологически его принять трудно. И дело здесь, видимо, в том, что надо просто признать, что инфляционная космология оказалась

за рамками традиционной методологии. Методология должна быть другой, а не инфляционная космология.

Ли Смолин идет еще дальше. Он справедливо отмечает следующие два обстоятельства. Во-первых, начальные условия Вселенной, которые привели в Большому взрыву, принципиально не полностью доступны нашему наблюдению (в частности, из-за горизонта событий), и, кроме того, мы не имеем возможности исследовать различные начальные условия, так как мы имеем одну-единственную эволюцию Вселенной. Во-вторых, по причине единственности доступного нам примера эволюции Вселенной, лишено операционального смысла понятие конфигурационного пространства Вселенной – то есть множества всех возможных ее состояний. Отсюда Смолин делает вывод, что обычная интерпретация физической теории (которую он называет ньютоновской), когда задается начальное состояние системы и вычисляется траектория системы в конфигурационном пространстве, для космологии не имеет смысла (поскольку не имеет смысла ни один из ее ингредиентов). Иначе говоря, не имеет смысла представлять себе динамику Вселенной как системы, которая потенциально может начинаться с различных начальных состояний и давать различную эволюцию в конфигурационном пространстве. Фундаментальные законы физики вместе с начальным состоянием Вселенной должны составлять единое целое, или, по-другому, начальное состояние имеет тот же статус, что и фундаментальные законы, оно столь же фундаментально. Разделять научное описание Вселенной на начальное состояние и эволюцию в конфигурационном пространстве неверно. Начальное состояние и эволюция должны представляться как единый теоретический объект. Это порождает новую ситуацию, когда не только *ответы* инфляционной космологии на вопросы о причине возникновения весьма специального начального состояния нашей Вселенной (плоскостность, возмущения плотности...) нельзя считать адекватными по причине неадекватности самой

инфляционной космологии, но и сам *вопрос* о том, почему мы имеем такое начальное состояние, лишен смысла. Нам просто запрещено спрашивать, почему начальное состояние такое, какое оно есть, так как это фундаментальный и несводимый ни к чему факт. И опять, надо отметить, что в традиционной методологии наблюдаемости и воспроизводимости эти выводы вполне логичны.

Однако, мы уже имеем много убедительных ответов на разные «почему?» относительно структуры начального состояния Вселенной. Чисто логически, в традиционной методологии физики надо признать, что все эти ответы лишены смысла, так как бессмыслен сам вопрос (не говоря уже о способе ответа на него с использованием инфляционной космологии). Представляется, что это не особенно продуктивная позиция, и выход состоит в том, чтобы сознательно перейти к нетрадиционной методологии. Надо отметить, что сам Ли Смолин не приводит конкретных указаний, как конкретно должна строиться космология в такой жесткой классической методологии. Ссылок на конкретные модели у него нет.

С вопросом о единственности Вселенной и отсутствием у нее квантового состояния Ли Смолин связывает вопрос о фундаментальности понятия времени. Рассматриваемые им связи довольно многочисленны, и я их не буду анализировать детально, но суть аргументации сводится к следующему.

В современной физике есть по крайней мере два источника, из которых произрастает идея, что время не является фундаментальным понятием, но возникает лишь некоторым эффективным образом в нашем макроскопическом восприятии мира. Одним источником этой идеи стали уже самые ранние модели квантовой космологии и гравитации[1]. Современные модели сохраняют это свойство. Квантово-космологические модели определяют волновую функцию Вселенной, которая не содержит времени – она вневремен-

[1] *DeWitt, B. S.* Quantum theory of gravity. I. The canonical theory. Phys. Rev. 1967. V. 160. No5. P. 1113–1148.

ная. Соответствующее уравнение (уравнение Уилера-Де-Витта) тоже не содержит времени, и определяет некоторый статический объект – вневременную Вселенную. Общая причина этого проста. Она состоит в том, что эволюцию Вселенной нельзя параметризовать каким-то внешним по отношению к ней временем, так как время измеряется часами, а вне Вселенной нельзя поместить часы. Принимается, что все, что существует, по определению находится внутри Вселенной, и не может находиться вне ее. Фактически наблюдаемая внутри такой Вселенной эволюция является эффективным понятием для наблюдателей, находящихся внутри Вселенной, и представляется в терминах корреляции некоторых наблюдаемых величин. Если одну из таких величин назвать часами, то возникает эффективная эволюция подсистем Вселенной, в которой время можно рассматривать как параметр.

Вторым источником идеи эмерджентности времени является понятие Мультиверса инфляционной космологии. Здесь нет никакого единого времени, в котором существует весь этот объект. Эффективное время возникает только внутри локальных вселенных (да и то со множеством оговорок). Мультиверс в целом должен описываться некоторой вневременной физикой, которая описывает вероятности (в некотором операционально неопределимом смысле!) возникновения разных типов вселенных.

Как мы видели, в подходе Ли Смолина (точнее – в строгой традиционной методологии, которой он совершенно точно придерживается) как Мультиверс, так и квантовые состояния Вселенной вместе с квантовой космологией оказываются лишенными смысла. Поэтому оба источника идеи о нефундаментальности понятия времени оказываются недействительными. Поэтому Смолин считает, что нужно строить физику, в том числе и квантовую гравитацию, с использованием моделей, в которых времени возвращается его фундаментальная роль. Он приводит три примера квантово-гравитационных моделей, которые обладают этим

свойством: причинная динамическая триангуляция, квантовое граффити, унимодулярная гравитация[1] (см. ссылки[2]).

Надо согласиться, что логика Ли Смолина вполне понятна. Хотелось бы, однако, уточнить, что из нее действительно следует, что имеет смысл искать модели квантовой гравитации, где время играет фундаментальную роль, но не следует, что более общие модели, где время возникает только эффективно, недопустимы. Поэтому в данном случае его выводы никак не ограничивают свободы в выборе направления исследований.

Ли Смолин высказывает еще несколько интересных мыслей. В частности, раз время играет фундаментальную роль, то Ли Смолин предлагает серьезно рассмотреть возможность того, что фундаментальные законы явно зависят от фундаментального времени. Эта идея вызывает возражение. Дело в том, что даже если Вселенная строго единственна, в ней нет никакого *единого* фундаментального времени, от которого могли бы зависеть фундаментальные законы. ОТО, описывающая динамику Вселенной, допускает хорошо определенное понятие *собственного* времени для каждого отдельного наблюдателя, и это время действительно может быть в каком-то смысле фундаментальным, но единое универсальное время для обще-релятивистской системы, вообще говоря, не определено. Действительно, если говорить о нашей Вселенной, то, например, время вблизи поверхности нейтронной звезды и в межгалактическом пространстве течет совершенно по-разному, хотя Вселенная для них – одна. Можно привести и другие примеры (см. например[3]). Космологическое время можно ввести лишь в некотором приближении благодаря тому, что Вселенная является приближенно однородной и изотропной. Его можно связать, например, с масштабным факто-

---

[1] Causal dynamical triangulations, quantum graphity, unimodular gravity.

[2] *Smolin Lee.* The unique universe. 2009. http://physicsworld.com/cws/article/indepth/39306

[3] *Rovelli C.* «Forget time». 2009. arXiv:0903.3832v3 [gr-qc]

ром или с температурой реликтового излучения, которая в однородных и изотропных моделях однозначно связана с масштабным фактором. Именно использование температуры реликтового излучения в качестве космологических часов позволяет легко убедиться, что точного космологического времени не существует. Проблема состоит в анизотропии реликтового излучения. В каждой точке пространства нет какой-то одной единой температуры, но она зависит от того, в каком направлении вы посмотрите. Относительная величина этой анизотропии составляет несколько стотысячных – это и есть степень приближенности понятия единого космологического времени. Это приближение является довольно грубым, и отклонения легко измеримы. Такое время не может быть параметром для фундаментальных законов, так как само не фундаментально, а другого фундаментального времени в нашей Вселенной, видимо, нет.

Очень интересно и остроумно Ли Смолин рассматривает физическую природу математики, которая также связывается с существованием фундаментального времени. Этот вопрос, однако, выходит за рамки настоящей статьи, и мы отсылаем заинтересованного читателя к оригиналу[1].

Подводя итоги обсуждения, еще раз отметим, что методы, используемые в современной космологии и квантовой гравитации, де факто уже вышли за пределы стандартной научной методологии физики, основанной на принципах наблюдаемости и воспроизводимости эксперимента. В этой статье мы попытались лишь явным образом зафиксировать этот выход. Нетрадиционная методология означает ослабление (или размывание) эмпирической базы новых направлений физики по сравнению с ее традиционными разделами, и это есть та цена, которую приходится платить за возможность более глубокого понимания природы. Однако следует подчеркнуть, что ослабление эмпирической базы не означает ее отсутствие. Так, например, важным эмпири-

[1] *Smolin Lee.* The unique universe. 2009. http://physicsworld.com/cws/article/indepth/39306

ческим критерием, позволяющим в принципе разделять квантовые теории гравитации друг от друга, является проверка Лоренц-инвариантности[1]. Однако в новых условиях заметно возрастает роль таких внеэмпирических критериев истинности, как самосогласованность и красота теории.

Статья Ли Смолина[2] является чрезвычайно ярким примером того, что получается, если и в космологии стараться строго придерживаться традиционной методологии. По нашему мнению, такой путь, хотя и логически допустим, непродуктивен. Более продуктивным путем является явное расширение традиционной методологии с фиксацией соответствующих обобщенных методологических принципов, что мы и попытались отразить в данной работе. Еще раз подчеркнем, что для каждого исследователя выбор методологической базы является предметом соглашения, и правильность того или иного выбора не может быть доказана чисто логически.

В заключение заметим, что представления, содержащиеся в настоящей статье, требуют дальнейшего уточнения и развития. В частности, смысл ряда введенных понятий мы смогли пояснить лишь на конкретных примерах их использования, и более точные и общие определения ждут своей формулировки.

Автор выражает благодарность участникам круглого стола «Философские проблемы космологии» 2008–2009 гг. в ИФРАН за плодотворное обсуждение вопросов, рассмотренных в данной статье, и В.В. Казютинскому за предложение написать саму статью. Хочется отметить, что автор начал обдумывать эти вопросы именно в ходе заседаний круглого стола, и некоторую завершенность соответствующим мыслям попытался придать в ходе подготовки статьи.

---

[1] *Smolin Lee*. How far are we from the quantum theory of gravity? 2003. arXiv:hep-th/0303185v2

[2] *Smolin Lee*. The unique universe. 2009. http://physicsworld.com/cws/article/indepth/39306.

В.Д. Эрекаев

ОНТОЛОГИЯ КВАНТОВОЙ КОСМОЛОГИИ

1. Философия и современная фундаментальная физика

В современной фундаментальной теоретической физике исследования проводятся по нескольким возможным путям. Во-первых, теоретик «плотно» работает с формализмом: он анализирует математические выражения, решает уравнения, ищет связи между их составляющими и т.д. Во-вторых, теоретик не должен забывать об эмпирических данных и их анализировать, пытаясь обнаружить закономерности и эмпирические законы, а также связь с самыми абстрактными теоретическими конструкциями. В-третьих, в своих исследованиях физик должен почаще обращаться к основаниям физики, в том числе к философским (метафизическим), поскольку «Наука без философии слепа...». Как бы на практике кто к философии не относился, но она действительно является «лесами» научного познания, «острием копья», или «невидимой рукой» помощи, протягивающейся к теоретику «из тумана» фундаментальных физических проблем[1]. Естественно, что для решения проблем современной фундаментальной физики требуются философы физики и философствующие физики, способные в итоге объединить в своем творческом методе все три пути.

---

[1] *Шредингер Э.* Мой взгляд на мир. М., 2005. С. 13.

В данной работе предпринимается попытка рассмотреть проблематику, несомненно, качественно своеобразного уровня (физической) реальности – квантовой Вселенной – с точки зрения концептуальных, философских оснований.

Онтология[1] прошла длительный исторический путь своего содержательного формирования. В классической философии наряду с гносеологией, методологией, логикой, этикой и др. она являлась базовым компонентом различных философских систем. Сам термин «онтология» был введен в XVII в. в качестве эквивалента понятию «метафизика», и во всей классической философии онтология, как правило, содержательно совпадает с метафизикой. В эволюции классической онтологии могут быть выделены два направления. С одной стороны, онтология понимается как метафизика и разворачивается в рамках трансцендентального: стоящее за внешними проявлениями мира внечувственное Бытие элеатов; платоновская концепция эйдосов (мир идей) как идеальных сущностей – образцов земных объектов; трактовка бытия как этапа развития Абсолютной идеи у Гегеля и др.

С другой стороны, параллельно этой интерпретации онтологии развивается ее трактовка как философии природы, возвращающая термину его изначальное смысловое значение и ориентированная на получение позитивных знаний о природе, исходя из нее самой: наивный реализм раннеантичных космогоний; натурализм философии Возрождения; ориентированная на тесное взаимодействие с естествознанием философия природы Нового времени и т.п.[2].

В современной (неклассической) философии под онтологией нередко понимают интерпретации различных способов бытия. При этом, сохраняя свое значение учения о бытии, понятие онтологии стало достаточно плюралистическим в отношении конкретного наполнения его со-

[1] Онтология (греч. on, ontos – сущее, logos – учение) – учение о бытии.
[2] Новейший философский словарь. Минск. 2003.

держания. Например, значительное внимание уделялось связи бытия с сознанием и языком[1].

В физической проекции онтологию можно (хотя и не совсем полно) понимать как учение о наполненности бытия определенной субстанциональностью и объектностью, а также о способах и формах бытия соответствующих объектов физического мира самой различной природы. Так, например, в квантовой физике, которая является одним из основополагающих элементов квантовой космологии, широко используются такие понятия, как *квантовые онтологии* и квантовая реальность. Поскольку квантовая теория описывает принципиально новую область физической реальности, постольку постоянно предпринимаются попытки более адекватного описания этого радикально нового уровня бытия.

Физически содержательно квантовую онтологию можно, например, раскрыть через приведенные ниже фундаментальные характеристики квантовой реальности, которые специфику квантового мира и его особенности, выражают специфические способы бытия квантовых объектов: 1) квантованность физических величин (действия, величина спина, энергии, пространственное квантование, заряды и т.д.); 2) принципиально вероятностный характер физических событий и предсказаний; 3) индетерминизм, 4) корпускулярно-волновой дуализм; 5) существование радикально нового фундаментального физического объекта[2] – волновой функции[3]; 6) бестраекторность движения квантовых частиц; 7) дополнительность некоторых фундамен-

[1] В частности, см.: *Куайн В.* Онтологическая относительность // Современная философия науки. Под ред. А.А.Печенкина. М., 1996. С. 40–61.

[2] Без обсуждения его реальности или чисто теоретического происхождения.

[3] Вопрос о физической природе волновой функции так окончательно и не решен. В разных интерпретациях КМ существуют различные ответы на этот вопрос.

тальных свойств; 8) взаимозависимая неопределенность некоторых пар физических величин; 9) «Ссылки на лежащую в основании реальность исключены». «Мы не в состоянии описать, что происходит в промежутке между этим наблюдением и последующим» (В. Гейзенберг) (одна из интерпретаций КМ); 10) спонтанный характер квантовых процессов (распад ядра и др.); 11) наличие специфических квантовых корреляций; 12) квантовая несепарабельность; 13) квантовая нелокальность; 14) многомировая структура реальности (одна из интерпретаций); 15) пропенситивность (предрасположенность) квантовых событий (Поппер К.); 16) холистическая природа микромира (одна из интерпретаций) и др.

Можно также привести список особенностей, характеризующих *релятивистские онтологии*. Для построения онтологии квантовой Вселенной необходимо совместить специфику квантовой и релятивистской онтологий. Именно в этом и состоит концептуальная трудность построения теории квантовой гравитации, которая в объектной репрезентации соответствует квантовой космологии. С другой стороны, имеются серьезные сомнения в том, что сегодня уже существуют соответствующие фундаментальные идеи, необходимые для описания этого уровня реальности. Вопрос в том, насколько далеко могут быть экстраполированы имеющиеся в современной науке представления.

2. О понятии квантовой космологии

Вселенная – особый объект и предмет исследований. Если с пониманием предметной стороны космологических исследований можно констатировать относительно большую ясность, то понимание Вселенной как объекта научных исследований более проблематично. Следует различать метафизический и физический аспекты понятия Все-

ленной[1]. На наш взгляд, по крайней мере, замкнутые космологические модели вполне естественным образом наделяют Вселенную статусом объектности. Для рассмотрения Вселенной как объекта в других моделях необходимо существенно углублять понятие физической объектности. Современные космологические теории позволяют рассматривать Вселенную как объект в следующем плане. Например, в инфляционном сценарии наша Вселенная предстает в качестве всего лишь одной из многочисленных *минивселенных*. Еще одна возможность существует при рассмотрении Вселенной на планковском масштабе. Фундаментальные объекты современных теорий гравитации, такие как струны и браны, претендуют на подобный статус репрезентации всей Вселенной. И действительно, в современных моделях квантовой космологии эти объекты, прежде всего, на планковском уровне[2] должны полностью определять все свойства Вселенной[3].

Рассуждения о том, что из себя представляет Вселенная, всегда ограничены. Тем не менее, определенные гипотезы и выводы выдвигать все же удается[4]. Так, в рамках

---

[1] Впервые на подобное различение обратил внимание В.В. Казютинский («Понятие "Вселенная"» // «Бесконечность и Вселенная». – М., 1969. С. 116–126)

[2] Отметим существование так называемых космических струн, имеющих весьма специфический космологический статус (см.: *Achucarro A., Martins C.J.A.P.* Cosmic strings – arXiv: 0811.1277. Vol. 1. 8 Nov, 2008; *Мейерович Б.Э.* Гравитационные свойства космических струн. – Успехи физических наук. Т. 171, № 10. – 2001. С. 1033–1049).

[3] И даже больше того, поскольку в этих моделях наша Вселенная является одним из «эмбрионов» (Б. Грин), доменов в Метавселенной (А.Д. Линде) или других образах более глобальной структуры реальности.

[4] Хотя многие из них через некоторое время пересматриваются. Так было и с представлениями о возрасте Вселенной, о единственности Вселенной, о природе Большого взрыва, о космологических основаниях: стационарности Вселенной, изотропности (в том числе, космического микроволнового излучения) и т.д.

рассматриваемой проблематики уже простейшие соображения показывают, что физическая Вселенная, по крайней мере, на определенном этапе своей эволюции должна была находиться в состоянии, которое можно назвать квантовой Вселенной. Согласно модели Большого взрыва Вселенная прошла длительную эволюцию от сингулярности (от планковских размеров при учете квантовой теории) до современных и в настоящее время продолжает расширяться[1]. В рамках этой стандартной модели ранней Вселенной при своем расширении она имела различные размеры. Через ничтожные доли секунды после Большого взрыва Вселенная имела, например, размер порядка размера атома[2] (10^{-8} см)[3].

Предметом стандартной квантовой механики являются в основном объекты атомного и субатомного уровня, в том числе элементарные частицы[4]. Уровень физической реальности, соответствующий этим объектам, называется микромиром, и его то и описывает квантовая механика[5]. Но это должно тогда означать, что Вселенная, эволюционировавшая от планковского масштаба до размеров атома, имела в этот период размеры, соответствующие объектам микромира•. А это, в свою очередь, означает, что она являлась квантовым объектом в стандартном понимании квантовой механики.

---

[1] По последним данным даже ускоренно.

[2] Более точные оценки размеров Вселенной, а также и других ее параметров можно осуществить, воспользовавшись, например, формулами, приведенными в известной книге С. Вайнберга «Первые три минуты» (в частности, см. Приложение 3 (с. 160) и др.).

[3] До планковского масштаба еще 25 порядков.

[4] Конечно, атом не является жесткой границей квантового мира. Небольшие молекулы – тоже квантовые объекты.

[5] Конечно, современная квантовая механика значительно шире. Ее даже считают универсальной теорией, описывающей буквально все. Однако в рамках своего стандартного курса КМ описывает именно микромир.

• См. примечания редактора

Назовем период существования Вселенной, в течение которого ее размеры изменялись от планковского до атомного, эпохой квантовой Вселенной или эпохой квантовой космологии. Поскольку мы начали обсуждение на уровне «простейших соображений», то и в этом случае выделение квантовой Вселенной в качестве определенного приближения является вполне допустимым. Такое подробное обсуждение в общем-то известных вещей нам было необходимо для того, чтобы показать важнейший для дальнейшего обсуждения момент: по крайней мере на определенном этапе своей эволюции *Вселенная была квантовым объектом*[1]. Но тогда квантовая Вселенная как квантовый объект (квантовая система) должна обладать квантовой онтологией, описанной в разделе 1. Можно ли сказать, что наша Вселенная как целое действительно обладает всеми этими квантовыми особенностями бытия?

Но это не единственный вариант понимания квантовой Вселенной. Согласно квантовой механике можно написать волновую функцию как для макроскопической экспериментальной установки с «котом Шредингера», так и *для всей Вселенной*. Получается, что не только микроскопический, но и макроскопический и даже мегаскопический космологический уровень тоже являются квантовыми. С точки же зрения эвереттовского подхода квантовое описание является единственным и истинным, а все остальные – приближения, проекции, которые наше сознание воспринимает как классические миры[2]. С этой точки зрения Вселенная *всегда* была и остается квантовой. Но каков тогда смысл квантованности всего и вся во Вселенной? Являются ли, например, стол и Галактика квантовыми объек-

[1] При этом мы осознаем наличие проблемы в отношении того, можно ли Вселенную рассматривать в качестве объекта, но за неимением места ее не обсуждаем.

[2] См., например, *Менский М.Б.* Концепция сознания в контексте квантовой механики. – Успехи физических наук. Т. 175, № 4. 2005. С. 424.

тами? В частности, обладают ли они свойством корпускулярно-волнового дуализма? Движутся ли они бестраекторно и т.д.? Очевидно, что нет. И здесь в концептуальном плане не помогает точка зрения о том, что эти уровни – всего лишь приближения. В любом исследовании всегда очень важно не пропустить новый уровень эмерджентности – появления нового качества. Макро- и мегауровни физической реальности являются новыми качествами реальности, они обладают принципиально новыми фундаментальными свойствами, и описывать, например, жизнь социума с точки зрения КТП достаточно бессмысленно, если вообще возможно (практически). Хотя, сам социум состоит из элементарных квантовых объектов и именно их взаимодействия, в конечном счете, его и определяют. Возможно, одно из активно развиваемых направлений квантовой механики – теория декогеренции – сможет разрешить проблему появления макроскопических свойств и самих макрообъектов.

И еще один вопрос, выяснение ответа на который может помочь пониманию того, что такое квантовая Вселенная: стремление понять природу квантовой Вселенной ведет к необходимости уточнить и углубить понимание того, что является *квантовой* теорией. Некоторым этот вопрос кажется почти метафизическим. Для работающих физиков такой вопрос представляется несерьезным. Они настолько привыкли работать в рамках квантовой теории, настолько она хорошо описывает широчайший спектр физических явлений, что с точки зрения эффективности и прагматики попытки выяснять еще какой-то смысл квантованности считаются наивными. Однако философия науки нередко находит материал для исследований именно в таких «безнадежных» вопросах. И действительно, что же такое квантовая механика? Можно ли ее однозначно определить как теорию операторного анализа в гильбертовом пространстве? Или критерием для квантовой теории может служить

наличие хороших правил квантования? Или, наконец, может быть квантовой можно называть именно ту теорию, в которой присутствует постоянная Планка, а физические величины квантованы? Или только все это вместе[1]? Естественно, что все эти неясности и нюансы только усложняют создание и понимание квантовой космологии. Для нашего дальнейшего анализа мы будем использовать понимание квантовой теории, в которой определяющую роль играет постоянная Планка и квантованность физических величин.

Таким образом, по крайней мере, на некоторых этапах своей эволюции Вселенная как целое обладала квантовыми свойствами. С методологической точки зрения простой перенос любых существующих представлений на космологический уровень всегда ограничен, хотя в современной космологии подобное нередко происходит. Это тем более справедливо для ранней (квантовой) Вселенной. В космологической литературе часто приводятся расчеты моментов времени, температуры, размеров, плотности и т.д. Вселенной для различных стадий ее эволюции, буквально переноса макроскопические представления на соответствующий космологический уровень. При этом теряется качество этого уровня реальности, и выводы оказываются пригодными только к, так называемым, моделям «игрушечного мира» (toy-world).

Рассмотрим, например, в рамках стандартной космологической модели расширяющуюся Вселенную, когда она имела размеры атома. В рамках теории можно посчитать момент времени, когда это было, соответствующую температуру, плотность и т.д. Как определенное приближение это вполне корректно, однако рассмотрим более внимательно, что может из себя представлять Вселенная-атом[2].

---

[1] Возможно, это наиболее оптимальный вариант.

[2] О Вселенной как «первоатоме» говорил еще Ж. Леметр.

Как мы уже отмечали, подобная Вселенная, как и сам атом, – квантовая система. Но известно, что очень сложные ядра атомов (трансурановые атомы) крайне неустойчивы. И это – при наличии в структуре ядра «всего лишь» порядка сотни протонов[1]. Такой атом в целом также представляет собой крайне неустойчивую систему. Но что тогда можно сказать об атоме, в структуре которого содержится вся наблюдаемая Вселенная? Означает ли это крайнюю неустойчивость атома-Вселенной? Само собой разумеется, что подобный атом – это нечто совершенно другое и сходство с трансурановым может быть только в одинаковости масштабов (порядка 10^{-8} см). Тем не менее, хорошо бы понять, что собой представляет онтология объекта атомного размера с Вселенной внутри. Можно ли этот объект сопоставить с каким-либо уже известным объектом, а его состояние – с каким-то уже известным состоянием материи? Конечно же, – нет. Но тогда это свидетельствует о том, что уже на космологическом уровне атома-Вселенной следует говорить о существовании новой совершенно особой формы (вида) материи. Выяснение того, что из себя представляет этот вид материи и ее формы существования (т.е. онтология) представляет фундаментальную космологическую задачу. Какую, например, внутреннюю структуру будет иметь атом-Вселенная? Вообще говоря, этот объект уникален. С одной стороны, его целостность представляет собой атом. С другой стороны, его целостность представляет собой Вселенную и имеет космологическое наполнение. Любопытно, что могли бы сказать по этому поводу теория струн или теория петлевой квантовой гравитации? То же самое (только в еще большей степени) относится и к планковскому состоянию Вселенной как еще одной форме материи.

Можно предположить, что в космологии существует многообразие онтологий, большинство из которых нам по-

[1] Плюс, конечно, соответствующее количество нейтронов.

ка неизвестны. В этом плане можно принять термин П. Теллера о существовании «онтологического плюрализма»[1]. Причем, на наш взгляд, сам плюрализм в данном случае следует понимать сугубо в объективистском смысле.

Поскольку в основании квантовой космологии кроме релятивистских лежат еще и квантовые представления, то физическое содержание этой дисциплины в существенной степени зависит от выбранной интерпретации квантовой механики. Полиинтерпретационный характер квантовой механики ставит множество проблем и в отношении построения квантовой космологии. Так, например, Р. Пенроуз отмечает, что в ранней Вселенной «не существовало экспериментаторов, проводящих «измерения», поэтому не ясно, как следует пользоваться стандартной «копенгагенской» интерпретацией...»[2]. В силу своей нетривиальности, эвереттовская трактовка квантовой механики физически также далека от ясного понимания, и Р. Пенроуз лишь констатирует, что симметричное состояние Вселенной можно представить в виде суперпозиции многих пространственно-временных геометрий. В свою очередь, наличие декогеренции, возможно, позволит «трактовать нашу квантовую суперпозицию различных геометрий как *вероятностную смесь* различных геометрий»[3].

Следует обратить внимание на его точку зрения о том, что «На практике теоретики, по-видимому, склонны придерживаться некоторой формы «практической» интерпретации...»[4]. В целом свой взгляд на концептуальную ситуацию в квантовой теории он формулирует следующим образом. «Ясно, что пока мы далеки от теории, которая смогла

---

[1] *Teller P.* «How We Dapple the World» // Philosophy of Science. 2004. № 71. P. 425–447.

[2] *Пенроуз Р.* Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной. М.-Ижевск. С. 718.

[3] Там же. С. 719.

[4] Там же.

бы реально ответить на все эти вопросы. Но я надеюсь, что сумел убедить читателя в фундаментальной необходимости иметь квантовую механику с жизнеспособной онтологией. Эта проблема ... представляет не только философский интерес»[1]. Таким образом, ввиду неоднозначности понимания физического содержания квантовой механики как одного из краеугольных камней будущей квантовой теории гравитации в основания этой теории автоматически вкрадывается неоднозначность и неопределенность концептуального порядка.

3. Онтологический анализ фундаментальных объектов квантовой космологии (струны, браны, петли и др.)

Для построения квантовой космологии необходимо создать квантовую теорию гравитации. Считается, что квантовая теория гравитации может быть построена именно на планковском масштабе. Но в космологическом плане (момент начала расширения Вселенной) на этом масштабе, возможно, унифицируются все 4 фундаментальные взаимодействия, следовательно, *единая* теория должна обрести силу на планковском уровне. Отсюда следует, что в определенном смысле квантовая теория гравитации, единая теория, а также планковская космология тождественны.

Работы по созданию квантовой теории гравитации ведутся уже более полстолетия, и вариантов такой теории было предложено достаточно[2]. В настоящее время наибо-

[1] Там же. С. 720.

[2] Среди них: теория суперструн, петлевая теория квантовой гравитации, модели динамической триангуляции, модели исчислений Редже, модели причинных множеств, теория твисторов, некоммутативная геометрия, модели, инспирированные физикой конденсированного состояния, индуцированная гравитация и др.

лее перспективными на роль такой теории считаются две теории: теория суперструн (ТСС) и теория петлевой квантовой гравитации (ТПКГ). Существует обширная литература, посвященная этим теориям[1]. Нас же в данном разделе будет интересовать вопрос об онтологии фундаментальных, космологообразующих объектов этих теорий. *Актуальность онтологического анализа в квантовой космологии* определяется необходимостью выяснения природы экстремальных состояний материи[2], прежде всего планковского состояния, а также в связи с глубокой опосредованностью современного физического познания.

Как уже отмечалось, на наш взгляд, на планковском уровне мы имеем дело с принципиально новым видом материального существования, аналогов чему не существует в современной физике. Это обстоятельство в решающей степени затрудняет построение теории квантовой космологии. Поэтому прежде чем обсуждать сами космологические модели, на наш взгляд, необходимо проанализировать ту объектность, которая будет представлять содержательную основу этих моделей. И действительно, фундаментальный объект ТСС – струна будет формировать одну космологию, а петля или планковская ячейка пространства в ТПКГ – другую. Причем, как отмечает К. Ровелли, обе теории призваны описать планковский масштаб, причем именно на этом уровне они существенно различаются по отношению, например, к проблеме природы пространства-времени[3].

---

[1] Обширные списки литературы по этим вопросам можно посмотреть, например, в уже упоминавшихся книгах Б.Грина.

[2] Фортов В.Е. Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе. – Успехи физических наук. 2009. Т. 179, № 6. С. 653–687.

[3] *Rovelli C.* Loop Quantum Gravity. – arXiv:gr-qc/9710008v1 1 Oct 1997. – P.3.

Суперструна как фундаментальный объект квантовой космологии

В ТСС основным объектом является *струна*[1]. Кратко опишем основные особенности этого объекта, необходимые нам в дальнейшем. Струна представляет собой одномерный физический объект планковского масштаба длины ($l_{Pl} = 10^{-33}$ см), однако исследования показывают возможность существования струн космологических размеров[2]. Исследования показали, что струны обладают суперсимметрией, поэтому называются суперструнами, а теория соответственно – ТСС. В дальнейшем под струной всегда будет пониматься именно суперструна. Согласно теории различные моды колебаний струн представляют собой элементарные частицы и дают не только весь их набор, но и много других частиц. Последнее является одной из трудностей теории[3]. ТСС – теория с фоновой зависимостью. Это означает, что струны находятся в независимо существующем пространстве-времени, в котором могут передвигаться. Поскольку в отличие от ТСС общая теория относительности является фоново-независимой, в которой пространство и время являются динамическими характеристиками, то одной из важнейших задач является построение ТСС как фоново-независимой теории, если строить квантовую теорию гравитации путем квантования ОТО. Подобная

---

[1] Сегодня уже можно говорить о том, что это утверждение не является общепринятым, поскольку струна является частным случаем *p-бран*, т.е. 1-браной.

[2] *Achucarro A., Martins C.J.A.P.* Cosmic strings – arXiv: 0811.1277. Vol. 1. 8 Nov, 2008; *Мейерович Б.Э.* Гравитационные свойства космических струн. – Успехи физических наук. Т. 171. № 10. 2001. С. 1033–1049.

[3] Последнее представляет собой одну из проблем теории. Критический анализ теории струн можно посмотреть, например, в: *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. – Penguin Book, London, 2007. Перевод Артамонова Ю.А. (http://zhurnal.lib.ru/a/artamonov_j_a/) и в других работах.

стратегия еще больше обостряет проблему выяснения природы пространства и времени и их роли в физической теории.

Онтологически фундаментальным является поиск ответов на следующие три вопроса: 1) материальны ли струны, 2) представляют ли они только лишь геометрическую структуру, онтологию которой еще следует определить, 3) или же они – лишь некое абстрактное математическое средство, математическая конструкция, введенная для теоретически более эффективного (а может быть и чисто прагматического) решения некоторых физических проблем? Среди исследователей мнения по поводу ответов на эти вопросы разделились.

Материальны ли струны? Одним из аргументов сторонников положительного ответа на первый вопрос (в частности, случайного первооткрывателя[1] теории струн Г. Венециано[2]) является, например, то, что различные моды колебаний струн дают физически реальные элементарные частицы. И действительно, логично предположить, что реальные частицы могут порождаться реальными физическими объектами. При этом несомненно, что физическая природа струны отличается от природы элементарной частицы, поскольку природа последней, согласно ТСС, содержится в колебательном процессе. Отсюда следует, что природа известных элементарных частиц чисто феноменологическая. Говоря языком метафизики, их сущность – колебания, которая (сущность) для наблюдателя проявляется в виде феномена «элементарной»[3] материальной объ-

[1] С. Вайнберг: «Молодой теоретик из ЦЕРНа Габриэле Венециано сумел просто угадать формулу, определявшую вероятности рассеяния...» (См. *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. С. 166).

[2] «Струны представляют собой материальные объекты ...». Венециано Г. Миф о начале времен // В мире науки. 2004 (www.sciam.ru/article/2296).

[3] Правда, теперь уже предикат элементарности переходит к самим струнам.

ектности. Но в рамках того же метафизического языка, все это означает, что элементарные частицы (электроны, кварки, фотоны) не обладают некоторой первичной субстанциональностью, они – только лишь феномены.

В то же время возникает вопрос о том, обладают ли субстанциональностью сами струны? И какой? Представляется естественным в случае положительного ответа связать с ними принципиально новый вид материи. Причем, возможно, это должен быть вид материальности не меньшей фундаментальности и радикальности, чем фундаментальность электромагнитного поля, введенного в период доминирования механистической картины мира, или открытие искривленного 4-мерного пространства-времени. По-видимому, он должен быть даже еще более высокой степени фундаментальности. Поиск физической онтологии подобного масштаба является, на наш взгляд, актуальнейшей проблемой планковской космологии и всей физики.

Геометрическая природа струн. Этот и ряд других аргументов представляют позицию сторонников положительного ответа на второй вопрос. Нетривиальный образ в этом плане предложил С. Вайнберг. С его точки зрения «Струны можно представить себе как крохотные одномерные разрезы на гладкой ткани пространства»[1]. Перед сторонниками чисто геометрической интерпретации струн стоит задача онтологизации своего подхода. Можно ли придать еще какой-то физический смысл такой геометрической конструкции как суперструна? Можно ли добавить какую-то новую физическую интерпретацию в уже существующее содержание глобальной программы, которая парадоксально формулируется в следующих словах: «Физика есть геометрия»[2]?

---

[1] *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. М., 2004. С. 167.

[2] Эти слова принадлежат А. Уилеру.

Отметим, что в рамках положительного ответа на этот вопрос фундаментальной и глобальной физической субстанцией становится пространство и время. Как вариант, следует говорить о субстанциональности *структуры* пространства и времени, что выражает большую определенность и локализованность такого характера субстанциональности: геометрической, топологической, топосной и т.д.

В рамках геометрического подхода к природе струн, последние также могут проявлять себя как известные материальные объекты в виде, например, элементарных частиц *только* феноменологически. Дело в том, что в рамках программы геометризации физики[1] предпринимались и предпринимаются попытки представить все элементарные частицы в виде чистых структур геометрии пространства-времени (не обязательно 4-мерного), например, в виде локальных микроскопических областей сильно искривленного пространства-времени. Эти геометрические структуры воспринимаются как реальные феноменологические физические объекты, в частности, частицы, только по отношению к макроскопическому наблюдателю антропоморфной природы[2].

Струны как абстрактное вспомогательное средство физического описания. Является ли струна формальным вспомогательным математическим конструктом типа волновой функции, лагранжиана, траекторий в фазовом пространстве и т.д.? Этот вариант вряд ли адекватен в бук-

[1] Эта программа ведет свое начало с программной статьи В. Клиффорда и имеет богатую историю.

[2] Современная фундаментальная физика, по-видимому, должна уже все более определеннее подчеркивать *антропоморфную природу* своего наблюдателя, который является ее же источником. К этому, в том числе, подталкивает одна из достаточно фундаментальных исследовательских дисциплин – поиск новых форм жизни во Вселенной, в частности, в рамках продолжающегося проекта SETI.

вальном смысле, поскольку моды колебаний струны дают все реальные элементарные частицы. В связи с последним струна, по-видимому, должна быть принципиально новым элементарным объектом физики и природы.

О физической элементарности струн. В рамках ТСС струна является элементарным, первичным физическим объектом. Но – протяженным! Последнее, как считается, дает возможность обойти труднейшую проблему квантовой теории поля – проблему бесконечных значений физических величин, возникающую из-за постулирования точечного характера элементарных частиц. Однако сочетание элементарности и протяженности приводит к некоторым концептуальным трудностям.

С одной стороны, в концептуальном и метафизическом плане здесь можно усматривать возврат к декартовской субстанциальности протяженности. Вряд ли в современной физике метрическое свойство протяженности можно рассматривать в качестве субстанции или даже особой субстанции. В рамках программы полной геометризации физики гораздо легче представить в качестве субстанции геометрию как более богатую сущность. Но, возможно, протяженность можно было бы рассматривать в качестве атрибута (материи)? И, возможно, это было бы неплохо на новом уже современном витке эволюции познания, однако, насколько философски корректно сегодня считать протяженность атрибутом? Атрибутом в плане всеобщего свойства, по крайней мере, природы? Квантовая механика приучила как раз к противоположному – к атрибутивности дискретности, квантованности физического мира. И именно эта атрибутивность радикализуется на планковском космологическом уровне, на уровне слияния минимально (предельно) дискретного и максимально большого (всей Вселенной). По-видимому, справедливы принцип дополнительности и те философские концепции, которые предлагают рассматривать единство бинара непрерывное-диск-

ретное. Но сводится ли непрерывность к дискретности? Видимо, вопрос в отношении элементарности протяженной струны стоит примерно так: как можно *онтологически* понимать элементарность (неделимость) протяженности? Каким образом понимать подобную протяженную элементарность в том случае, если протяженность достигает космических масштабов, т.е. в случае возможного существования космических (космологических) струн?

Наше доструннo-парадигмальное сознание очень хочет задать вопрос: а не состоит ли *протяженная* струна из частей? Так же, как линия состоит из точек. Но линия состоит из точек и не состоит из них. Такое понимание линии недоопределено, поскольку здесь в теоретическую игру вмешивается теория континуумов, которая, для примера (геометрической неопределенности или недоопределенности), утверждает, что прямая и квадрат обладают одинаковой мощностью континуума. Другими словами, количество точек на (одномерной) прямой равно количеству точек в (2-мерном) квадрате. Так что же представляет собой элементарность струны в физическом и геометрическом планах?

О концептуальном статусе бран в ТСС. Недавно выяснилось, что в теории струн наряду с одномерными струнами могут существовать и объекты других размерностей – браны: двумерные (2-браны или мембраны), 3-браны, играющие важную роль в космологии, и вообще p-браны (где p – любая размерность)[1]. Существуют и 0-браны, аналог точки. Они также играют определенную роль в теории, поскольку концы открытых (незамкнутых) струн являются как раз 0-бранами. Струны, например, могут прикрепляться своими концами к бранам и таким образом по ним перемещаться, что имеет важный физический смысл.

---

[1] *Polchinski J.* Dirichlet Branes and Ramond-Ramond Charges // *Phys. Rev. Lett.*, 75(26): 4724–27 (1995).

Так может, струна состоит из 0-браны, и именно они играют первичную фундаментальную роль? Казалось бы, это наиболее простой и очевидный подход. Однако в ТСС не спешат с таким выводом. Струнные теоретики пока предпочитают вариант, согласно которому все браны фундаментальны. Очевидно, что и этот взгляд требует дальнейших пояснений и уточнений.

В концептуальном плане, возможно, худшее состоит в том, что в данном подходе от существования первоэлемента физического бытия – струны – вновь возвращаются к многообразию «первичности». Но многоэлементность бытия с трудом согласуется с единством физического бытия, если, конечно, не рассматривать его в духе В.С. Соловьева, или одного из вариантов трактовки диалектического материализма как единства многообразия. Похоже, что концептуально и методологически современная фундаментальная физика настроена все же на поиск некоторой первичной объектности, будь то геометрия пустого пространства-времени, суперструна, кванты пространства и времени в ТПКГ и т.д.

Пространство из струн. Одной из интереснейших, но одновременно и труднейших в концептуальном плане моделей в теории струн является модель пространства как тотального когерентного ансамбля струн. Суть этой идеи состоит в следующем[1]. В самом общем случае струны могут быть направлены в различные стороны, они могут вибрировать совершенно произвольно, хаотически. Но при определенных условиях они могут синхронизироваться, начать вибрировать в одной фазе, становясь когерентным множеством. Для внешнего наблюдателя они будут восприниматься как непрерывное многообразие. Нередко подобную картину сравнивают с полотном ткани, в которой

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. М., 2005. С. 242.

отдельные нити переплетены в строго геометрическом порядке[1].

Согласно такому подходу никакого пространства как некой реальности не существует. Пространство становится не только реляционным, но и феноменологическим по своей природе. Однако здесь возникает трудность с трактовкой природы пространства и ТСС как фоново-зависимой теории. И действительно, если сами струны в когерентном состоянии образуют пространство, то как быть с независимостью существования самого пространства (на фоне которого движутся струны)?

Далее, в рамках такого подхода пространство теряет свою атрибутивность, всеобщность, ведь пространство может возникнуть только там, где есть когерентный набор струн. Вполне логично предположить, что струны могут быть когерентны локально[2]. Отсюда следует далеко идущий вывод: в этом случае можно говорить о существовании локальных пространств в более широкой «области реальности», в которой пространства нет! Это должно порождать новую космологическую онтологию локального существования в пространстве.

Наконец, *космические струны*, становясь когерентными[3], также должны создавать новый вид (тип) пространства! В этом случае феноменологическая струнная ткань пространства «сшита» космологическими «нитями»-струнами. Можно выдвинуть предположение о том, что различные типы когерентности, которые могут проявлять струны, могут порождать различные типы пространств. Закономерен вопрос о том, чем именно, и прежде всего, чем именно концептуально отличаются все эти возможные

---

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. М., 2005. С. 242.

[2] В данном случае не важно, каковы масштабы этой локальности.

[3] Этот вариант возможен только в указанном выше случае возможной тотальной квантовой природы Вселенной, включая современное крупномасштабное ее состояние.

типы пространств? Вполне вероятно, что могут существовать пространства различной природы, причем различной не только в геометрическом плане, но и в онтологическом. Фактически это означает, что *объектность порождает пространство*. Еще раз подчеркнем, что это – далеко идущий не только физико-теоретический, но и философский вывод. С одной стороны, он тесно коррелирует с реляционной концепцией пространства, с другой – имеет существенную специфику, поскольку пространство образуют не все объекты реальности (как в реляционном подходе), а только объекты планковского масштаба или, может быть, первичные элементы реальности, которые в данном случае представлены струнами. Несколько конкретизируя принцип онтологического плюрализма, можно предложить еще и *принцип онтологического пространственного плюрализма*. Кроме того, важный философский вывод состоит в том, что *пространства* (и, по-видимому, время) *создаются*! Создаются в больших количествах и разной природы. Правда, хорошо, что пока все еще естественным образом...

О природе когерентности струн. Важно также ответить на непростой вопрос о том, что заставляет огромное количество струн начать колебаться в одной фазе и стать когерентными? С одной стороны, эта сила (или причина) должна быть тотальной, чтобы действовать во всем пространстве существующей сегодня Вселенной[1], с другой – она должна быть локальна (квантована), чтобы воздействовать на каждую струну. По существу, это должна быть либо некая метасила (метапричина), определяющая (по существу, создающая) все пространство всего мироздания, и в этом случае вряд ли имеет силу принцип близкодействия.

---

[1] А в инфляционном сценарии она должна быть еще глобальнее (масштабнее) и действовать в пределах всего инфляционно раздутого метапространства.

В качестве гипотезы можно предположить, что здесь могут функционировать квантовые корреляции, которые были обнаружены при анализе ЭПР-парадокса и многочисленных белловских экспериментов. В качестве такой силы или причины можно также рассматривать, например, существующее в ТСС дилатонное поле, которое «определяет общую силу всех взаимодействий» (Г. Венециано). Приведенные слова Г. Венециано, если их понимать буквально, должны требовать существования многих взаимодействий, что, в свою очередь, должно означать ситуацию, далекую от единой теории. С другой стороны, если дилатонное поле определяет силу *всех* взаимодействий, то у этого поля просматривается определенная функция, связанная с единством всех сил. А это означает, что на планковском масштабе, где и происходит объединение всех сил, это поле должно играть центральную, фундаментальную роль. По-видимому, наличие такого поля на планковском масштабе, а также его природу еще требуется выяснять. Дело в том, что любое квантованное поле состоит из квантов этого поля, которые являются элементарными частицами[1]. Но элементарные частицы (кванты соответствующих полей) являются модами колебаний струн. Отсюда следует, что любое поле, в том числе дилатонное, не является фундаментальным физическим объектом. Им в рамках ТСС остаются только струны[2].

Интересно, что «Величину дилатона можно истолковать как размер дополнительного пространственного измерения – 11-го по счету» (Г. Венециано). Это – несомненно, интересный результат теории. Если вывод теоретиков верен, то еще предстоит выяснить более глубокую природу такого физического отождествления: поля и одного из измерений пространства. Этот результат можно выразить

[1] Так обстоит дело, по крайней мере, в рамках квантовой теории поля.

[2] И браны в последних версиях ТСС.

в виде *нового принципа эквивалентности: величина физического поля эквивалентна измерению пространства.* Но, как нетрудно видеть, и здесь остается много вопросов. Любое поле эквивалентно любому измерению? Если нет, то какова более конкретная формулировка подобной эквивалентности? Имеет ли какую-то физическую содержательную выделенность именно 11-е измерение пространства? Не скрыто ли за такой эквивалентностью чего-то большего, какого-то нового физического содержания? И т.д.

Онтология свернутых размерностей. В теории струн продолжается развитие идеи Калуцы о многомерности пространства и свернутом (компактифицированном) характере дополнительных измерений, которые, тем не менее, приводят к наблюдаемым физическим эффектам[1]. Но обязательно ли все дополнительные измерения должны быть свернуты? Выбор свернутого характера измерений объясняет их ненаблюдаемость и дает возможность математического описания. Но является ли компактификация единственной возможностью? Дополнительные измерения или даже параллельные миры в принципе могли бы существовать и в несвернутом виде. Весь вопрос в том, как объяснить их ненаблюдаемость и научиться эффективно описывать.

В частности, причина 3-мерности пространства может заключаться в том, что трехмерен сам наблюдатель. Если бы он был другой пространственно-геометрической природы, например, был бы пространственно 4-мерным[2], то, возможно, он бы воспринимал окружающее его пространство также 4-мерным. Эту гипотезу можно рассматривать как своеобразное расширение антропного принципа: про-

---

[1] Калуца предложил рассматривать 5-е свернутое измерение как источник электрического заряда.

[2] Не исключено, что он таковым и является, а может иметь даже и большее число измерений.

странство таково (а именно 3-мерно) именно потому, что 3-мерен существующий в нем человек.

О поиске новых принципов. Б. Грин неоднократно и настойчиво призывал искать некий фундаментальный принцип в теории струн: «... является ли сама теория струн необходимым следствием некоторого более широкого принципа, – возможно, но необязательно, принципа симметрии, – в том же самом смысле, в котором принцип эквивалентности с неизбежностью приводит к общей теории относительности, а калибровочные симметрии приводят к негравитационным взаимодействиям? К моменту написания данной книги ответ на этот вопрос никому не известен»[1]. Он выражает надежду, что подобный принцип существует: «... центральный организующий принцип, который охватывает эти открытия, а также другие свойства теории в рамках одного универсального и систематического подхода, который делает существование каждого ингредиента абсолютно неизбежным, все еще не найден. Открытие этого принципа было бы центральным событием в развитии теории струн, так как это, вероятно, раскрыло бы внутренние механизмы теории с недостижимой ранее ясностью. Конечно, нет гарантии, что такой фундаментальный принцип существует, однако эволюция физики в течение последнего столетия дает теоретикам основания надеяться, что он все-таки есть. Так как мы рассматриваем следующую стадию развития теории струн, нахождение ее «принципа безальтернативности» – той базовой идеи, из которой вся теория появится с необходимостью, – имеет высший приоритет»[2]. Подобная точка зрения в своеобразной форме поддерживается и С. Вайнбергом. С его точки зрения, «Хотя и нетрудно представить окончательную теорию, которая *не имеет* объяснений с помощью более глубоких принци-

[1] Грин Б. Элегантная Вселенная. М., 2005. С. 241.
[2] Там же. С. 242.

пов, очень трудно вообразить окончательную теорию, которая *не нуждается* в таком объяснении»[1].

Квантовая петля и планковская ячейка пространства как фундаментальные объекты петлевой квантовой космологии

В теории петлевой квантовой гравитации теория относительности сохраняется по существу нетронутой, изменяется только процедура ее применения в квантовой механике. В последние годы сторонники петлевой квантовой гравитации добились больших успехов и достигли глубокого понимания, однако их подход, по-видимому, недостаточно кардинален для решения фундаментальных проблем квантования тяготения[2].

Создателями «петлевой квантовой теории гравитации» (в 80-е годы XX века) являлись Ли Смолин, Абэй Аштекар, Тэд Джекобсон и Карло Ровелли. Согласно этой теории, пространство и время состоят из дискретных частей, представляющих собой квантовые ячейки пространства. Они определённым способом соединены друг с другом так, что на больших масштабах плавно переходят в непрерывное гладкое пространство-время. Если многие космологические модели могут описать поведение Вселенной только на большом удалении от планковского времени (после Большого взрыва), авторы петлевой квантовой гравитации считают, что их теория может описать сам процесс взрыва, и даже заглянуть в эпоху до него.

Вместе с тем, пока общепризнанная *физика петель* отсутствует, по крайней мере, она нигде четко не прописана.

---

[1] *Вайнберг С.* Мечты об окончательной теории. М., 2004. С. 184.

[2] Подобной точки зрения придерживается, в частности, сторонник ТСС Г. Венециано (*Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296)).

Этой физики нет ни у Ровелли, ни у Смолина и т.д. В частности, на наш взгляд, существует трудность *онтологической интерпретации* петель и квантовых ячеек пространства.

Так же, как и в ТСС, в ПТКГ существуют фундаментальные объекты. Как уже отмечалось, можно выделить три таких объекта: петли, квантованные (планковские) площади и объемы. К. Ровелли даже считает, что «между двумя теориями (ТСС и ПКТГ – *В.Э.*) существуют несомненные сходства: прежде всего тот очевидный факт, что обе теории начинают с допущения (idea), что значимые (релевантные) возмущения на планковском масштабе представляют собой одномерные объекты – назовем их петлями или струнами»[1]. Это означает, что К. Ровелли онтологически отождествляет петлю и суперструну.

Ключевая идея петлевой квантовой гравитации состоит в описании поля, подобного электромагнитному, непосредственно в терминах линий этого поля. Было показано, что ОТО можно выразить на языке калибровочных полей. Метрика пространства-времени при этом оказывается чем-то подобным электрическому полю. При этом в отсутствие вещества линии поля могут замыкаться, формируя петли. В итоге квантовая геометрия представляет собой определенный вид графа, а квантовое пространство-время есть последовательность событий, по которым эволюционирует граф через локальные изменения в своей структуре[2]. «Состояния частиц ассоциируются с графами, растянутыми в трехмерном пространстве»[3].

---

[1] *Rovelli C.* Loop Quantum Gravity. – arXiv:gr-qc/9710008v1 1 Oct. 1997. P.4

[2] *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. London, 2007. Перевод Артамонова Ю.А. (http://zhurnal.lib.ru/a/artamonow_j_a/) с. 249.

[3] Там же.

Рассмотрим по отношению к петлям и планковским ячейкам пространства те же онтологически значимые вопросы, которые мы поставили в отношении природы струн: 1) материальны ли петли и планковские ячейки, 2) представляют ли они только лишь геометрическую структуру, онтологию которой еще следует определить, 3) или же они – некое абстрактное математическое средство, математическая конструкция, введенная для теоретически более эффективного (а может быть и чисто прагматического) решения некоторых физических проблем? Среди исследователей мнения по поводу ответов на эти вопросы также разделились.

Материальны ли фундаментальные объекты ПТКГ? Можно ли след матрицы вокруг замкнутой петли в пространстве рассматривать как материальный объект? По-видимому, нет. Возможно, в петлевой квантовой гравитации подобное допустимо только уже на уровне элементарных частиц. Причем была найдена и объединяющая модель – модель преонов, первичных частиц, различные комбинации из которых дают все известные элементарные частицы. «Но одна вещь ясна. Теория струн больше не является единственным подходом к квантовой гравитации, который также унифицирует элементарные частицы. ...Петлевая квантовая гравитация уже имеет в себе элементарные частицы, и недавние результаты наводят на мысль, что это в точности правильная физика частиц – стандартная модель. ... петлевая квантовая гравитация относится не только к квантовому пространству-времени – она уже содержит в себе физику элементарных частиц»[1].

Причем, и в этом случае материальность возникает, фактически, как эмерджентный феномен. Л. Смолин следующим образом трактует основную идею в этом плане Ф. Маркопоулоу: «частица должна быть некоторым видом эмерджентного возбуждения квантовой геометрии, путе-

[1] Там же. С. 254.

шествующего через геометрию, почти как волна путешествует через твердое тело или жидкость. Однако, чтобы была воспроизведена известная нам физика, эти эмерджентные частицы должны описываться как чисто квантовые частицы, игнорируя квантовую геометрию, через которую они путешествуют»[1]. Можно «идентифицировать такую квантовую частицу и показать ее движение, как если бы она была в обычном пространстве. В ее аналогии окружением является квантовое пространство-время, которое, будучи динамическим, постоянно изменяется. Квантовая частица должна двигаться через него, как будто бы оно было фиксированным, нединамическим фоном.

Используя эти идеи, Ф. Маркопоулоу и ее сотрудники смогли показать, что некоторые фоново-независимые теории квантовой гравитации имеют эмерджентные частицы. Но что это за частицы? Соответствуют ли они чему-либо, что наблюдается?»[2]. А вот все дальнейшее, вся дальнейшая онтология выражается через *перекручивания ребер графов*! Смолин трактует это следующим образом: «Состояния частиц ассоциируются с графами, растянутыми в трехмерном пространстве. Пространство является фоном, но оно не имеет свойств, кроме своей топологии; вся информация об измерениях геометрии – вроде длин, площадей и объемов – происходит от графов. Но поскольку графы растянуты в пространстве, теория содержит в себе очень много дополнительной информации, которая, кажется, не должна ничего делать с геометрией. Это происходит вследствие бесконечного числа способов, которыми ребра графов могут запутываться, связываться и заплетаться в трехмерном пространстве. ... различные способы сплести и запутать ребра графов в квантовом пространстве-времени должны быть различными видами элементарных частиц»[3].

---

[1] *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. London, 2007. Перевод Артамонова Ю.А. (http://zhurnal.lib.ru/a/artamonow_j_a/) С. 252.

[2] Там же. С. 253

[3] Там же. С. 253–254.

Эти теоретические конструкции в петлевой квантовой гравитации еще раз показывают углубляющуюся тенденцию в фундаментальной физике: за онтологическим уровнем известных элементарных частиц стоят очень абстрактные математические структуры, а материальность, физическая субстанциальность, физическая онтология появляется как эмерджентность этих структур.

Геометрическая природа петель. Петли можно рассматривать скорее как своеобразные геометрические конструкции, обладающие рядом специфических особенностей. Так, например, эти геометрические конструкции включают в себя движение (параллельный перенос спина вокруг замкнутой кривой).

Петли как чистые абстракции. Для петлевой гравитации этот вариант вопроса значительно актуальнее. Прежде всего, сама петля – с точки зрения физической объектности очень абстрактный теоретический объект. В то же время ОТО и квантовая теория нас научили, что физический смысл и физическую объектность могут обрести самые абстрактные математические конструкции (в данном случае – риманова геометрия и операторный анализ в гильбертовом пространстве). Все это ведет современных теоретиков к поиску неких новых ориентиров. Л. Смолин считает, что руководящим принципом создания петлевой теории квантовой гравитации было следующее: «Главная объединяющая идея проста для постановки: *не стартовать с пространства или с чего-либо, движущегося в пространстве.* Стартовать с чего-либо, что является чисто квантово-механическим и имеет, вместо пространства, некоторый вид чисто квантовой структуры»[1].

На наш взгляд, вопрос о фундаментальных объектах в обеих теориях остается открытым. Смолин дает следую-

[1] *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. Penguin Book, London, 2007. Перевод Артамонова Ю.А. (http://zhurnal.lib.ru/a/artamonow_j_a/). С. 240.

щие трактовки фундаментальности первоначал обеих теорий. «Фундаментальные возбуждения являются протяженными объектами. Они включают одномерные возбуждения и двумерные (а возможно, и более высоких размерностей) мембрано-подобные возбуждения»[1]. Т.е. струны и петли не стабильны. Они – возбуждения. Это означает, что в подобных вариантах единых теорий не существует неких фундаментальных объектов, по своей онтологии сравнимых со статусом атомов, апейрона и других античных первоначал. В этом пункте две теории не предлагают нам неких абсолютных первоэлементов. Казалось бы, все это в начале XXI века можно и не обсуждать, поскольку наука давно уже отказалась от существования в физике, а соответственно, и в природе чего-то абсолютного[2]. Стоит лишь еще раз зафиксировать, что и в намечающейся «окончательной теории»[3] может не оказаться каких-то абсолютных субстанций, что, казалось бы, должно быть естественно для подобной теории. С некой метафизической точки зрения онтологический статус подобных объектов невысок: они являются «всего лишь» квантовыми возбуждениями. Каков же статус такой фундаментальности?

Если петли и струны, как и любые другие объекты реальности, нестабильны, т.е. имеют некоторое конечное время своего существования, и если учесть, что имела место их креация в некоторый момент времени, то логично пред-

---

[1] *Smolin L.* How far are we from the quantum theory of gravity? – arXiv:hep-th/0303185. V. 2. 11 apr. 2003. P. 15.

[2] Существующие в фундаментальной физике абсолютные величины (инварианты), в частности, скорость света в пустоте, могут рассматриваться в качестве таковых только в определенной области физической реальности, а такие понятия, как, например, абсолютный нуль температуры не является таковым в абсолютном смысле. По крайней мере, это – тема для отдельного обсуждения.

[3] По крайней мере, С. Вайнберг в нее верит (Мечты об окончательной теории. С. 181, 183).

положить, что наступит *космологический* момент времени, когда они в космологически значимых количествах начнут распадаться. Но тогда возникает вопрос: распадаться на что? Этот вариант более близок квантовополевым представлениям. Однако КТП, а следовательно и ее фундаментальные представления, являются только лишь низкоэнергетическим приближением теории струн и ТПКГ. Кроме того, в этом случае теряется их статус «окончательной» фундаментальности последних. Вопрос состоит в том, что представляет собой возможный процесс распада струн, петель или планковских элементов объема как первичных элементов реальности? Или, может быть, они начнут исчезать, становясь принципиально ненаблюдаемыми в нашем мире (в нашей Вселенной?)?

Не менее нетривиальным является утверждение о протяженности фундаментального (квантового) возбуждения. Как возникает протяженное квантовое возбуждение? Какие условия заставляют возбуждение «вытягиваться»? И при этом оставаться достаточно стабильным? Вообще говоря, по-видимому, достаточно нетривиальным является вопрос о том, насколько стабильны струны, петли и квантовые ячейки пространства? Что такое протяженный квант?

Обе теории ведут к онтологической двойственности: «В основе теории струн и петлевой квантовой гравитации лежат одномерные протяженные объекты, которые за счет дуальности соответствуют линиям электрического потока квантованного калибровочного поля, являясь фундаментальными степенями свободы теории»[1]. Фактически, получается, что струны и петли имеют двойное онтологическое толкование: это и 1-мерные протяженные объекты, и одновременно (но дуально) линии электрического потока квантованного калибровочного поля. Если это верно, то можно

[1] *Smolin L.* How far are we from the quantum theory of gravity? – arXiv:hep-th/0303185. V. 2. 11 apr. 2003. P. 17.

говорить об онтологической двойственности физической реальности на ее самом фундаментальном первичном уровне.

Анализ этих двух теорий выявляет существенные расхождения в онтологических трактовках перечня имеющейся в них фундаментальной объектности. С одной стороны, фундаментальными объектами теории струн являются сами струны[1]. С другой стороны, независимый от них фон, в котором они передвигаются (фактически, пространство) и который характеризуется «метрикой и другими классическими полями»[2]. Получается, что метрика и классические поля являются не менее фундаментальными объектами ТСС, поскольку определяют независимое (классическое) пространство. На самом деле онтология независимого фона в ТСС еще сложнее, поскольку сам фон «фиксируется выбором» этих полей и метрики. Но тогда эти поля через особенности задаваемого ими фона (пространства) оказывают воздействие на специфику движения и, вероятно, другие особенности самих струн. Получается, что струны (на квантовом уровне) определяют классические поля, а они, в свою очередь фиксируют основу фундаментальных физических свойств струн – движения и вибраций[3]. Получается замкнутое и достаточно красивое взаимодействие струн, полей и фона. Но – в отсутствии некоего фундаментального единства.

Нечто подобное относится и к петлевой гравитации. Хотя «петли существуют на более фундаментальном уровне, на котором нет классических полей и метрики», в ПТКГ наряду с петлями и квантовыми ячейками пространства как фундаментальными объектами теории существует также

[1] Усложненный вариант – + браны.

[2] *Smolin L.* How far are we from the quantum theory of gravity? – arXiv:hep-th/0303185. V. 2. 11 apr. 2003. P. 15.

[3] Вибрации, по-видимому, невозможно представить вне пространства и времени.

скалярное поле, которое, в частности, как предполагается в теории, определяет такое фундаментальное (атрибутивное) понятие всей существующей физики, как время[1]. Существуют также квантовые ячейки пространства. Все это также пока далеко от ожидаемого единства. Сколько же в итоге существует в этих теориях фундаментальных объектов?

4. Онтологический анализ современных моделей квантовой космологии

Следуя традиции, которая берет свое начало с И. Ньютона, появление новой теории гравитации, даже если она представляет собой не полную теорию, а только видоизменение уже существующих теорий, традиционно сопровождается попытками применения ее к описанию Вселенной, т.е. возникновением очередной космологической модели. ТСС и ТПКГ продолжают эту традицию. В этом разделе мы рассмотрим несколько моделей ранней Вселенной, основанных на разрабатываемых теориях квантовой гравитации.

Струнная космология. Теория струн модифицирует стандартную космологическую модель в следующих трех пунктах. Во-первых, Вселенная должна иметь минимально допустимый размер. Этот вывод меняет представление о сингулярном состоянии Вселенной непосредственно в момент Большого взрыва. [**] Во-вторых, в космологии, особенно на планковском масштабе, во многом определяющее значение имеет понятие Т-дуальности (топологической дуальности) в ТСС, то есть дуальности малых и больших радиусов (в его тесной связи с существованием минимально-

[1] *Ashtekar A.* Quantum Nature of the Big Bang – arXiv:gr-qc/0602086. V. 2. 6 apr. 2006.

[**] См. примечания редактора в конце статьи.

го размера). В-третьих, поскольку число пространственно-временных измерений в теории струн больше четырёх, космология должна описывать эволюцию всех этих измерений[1].

Конечно же, для космологов вопрос первостепенной важности – что же происходило в момент «начала»? Согласно теории струн, возможно, никакого начала мироздания и не было. В струнной космологии предлагаются модели того, что представляла собой Вселенная до Большого взрыва, и сценарии перехода через него. Сейчас наиболее популярны две модели.

В конце 1980-х гг. Р. Бранденбергер и К. Вафа, применив теорию струн, получили следующий космологический сценарий. По мере приближения к моменту Большого взрыва температура продолжает расти до максимума на планковском масштабе и затем начинает уменьшаться. Этому способствует наличие Т-дуальности. «На интуитивном уровне нетрудно понять причину этого явления. Предположим для простоты (следуя Бранденбергеру и Вафе), что все пространственные измерения Вселенной циклические. При движении назад во времени радиус каждой окружности сокращается, а температура Вселенной увеличивается. Из теории струн мы знаем, что сокращение радиусов сначала до и затем ниже значений планковской длины физически эквивалентно уменьшению радиусов до планковской длины, сменяющемуся затем их последующим увеличением. Поскольку температура при расширении Вселенной падает, то безрезультатные попытки сжать Вселенную до размеров, меньших планковской длины, приведут к прекращению роста температуры и её дальнейшему снижению»[2].

В начальный момент существования Вселенной все пространственные измерения свернуты до планковских

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. С. 231.
[2] Там же. С. 232.

размеров, совершенно равноправны и полностью симметричны. Затем в тот же планковский момент времени происходит нарушение симметрии, и три пространственных измерения отбираются для последующего расширения за счет аннигиляции намотанных на измерения струн и антиструн или, другими словами, «снижения сдерживающего действия намотанных струн» только для трех измерений[1]. Остальные измерения пространства сохраняют исходный планковский размер. Затем на арене этих трех измерений происходит инфляционное раздувание Вселенной, после которого наступает период фридмановского расширения.

«Предвзрывной сценарий». А вот как выглядит вариант струнной космологии, который носит название «предвзрывной сценарий», с точки зрения первооткрывателя теории струн итальянского теоретика Г. Венециано, в настоящее время активно занимающегося построением космологических моделей на основе своего детища – теории струн[2]. Было время, когда «В размышлениях о том, что было до Большого взрыва, космологи видели не больше смысла, чем в поисках пути, идущего от Северного полюса на север»[3]. Действительно, попытка искать ответ на вопрос о том, «что было, когда ничего не было»[4], кажется безумной даже в позитивном безумном боровском смысле[5]. Но развитие теоретической физики все чаще заставляет космологов задумываться о том, что могло быть до известного

---

[1] Там же.

[2] *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296).

[3] Там же.

[4] *Линде А.* Многоликая Вселенная. – http://elementy.ru/lib/430484?context=2455814

[5] В качестве одного из выводов осмысления эволюции оснований квантовой механики, радикально изменившей представления о реальности, Н. Бор сформулировал знаменитый афоризм о теории, недостаточно безумной, чтобы быть правильной.

начала мира[1]. И определенные конструктивные решения удалось получить. На наш взгляд, это действительно конструктивные решения, и им явно не хватает концептуальной новизны и глубины. В теории струн было показано, что Большой взрыв не был началом образования Вселенной, а лишь следствием ее предыдущего состояния.

В отличие от предыдущей модели, в которой Вселенная рождается из комка планковских размеров, и этот момент можно рассматривать в качестве начала существования мироздания, Г. Венециано и М. Гасперини предположили, что Вселенная существовала всегда. В далеком, возможно, бесконечно далеком прошлом она была бесконечно протяженной, холодной и почти пустой. Силы природы, управляемые дилатонным полем, были настолько слабы, что частицы практически не взаимодействовали друг с другом. «Такие силы, как гравитация, были слабы»[2]. «Затем, как следует из уравнений теории струн, во Вселенную вторглась нестабильность, и все её точки стали, как и в эпоху инфляции по Гуту, стремительно разбегаться в стороны. Гасперини и Венециано показали, что из-за этого пространство становилось всё более искривлённым, и в результате произошёл резкий скачок температуры и плотности энергии»[3]. «Силы постепенно росли, и материя начала сгущаться»[4]. В некоторых областях плотность возросла настолько, что сформировалась черная дыра, которая разрасталась с ускорением. «Вещество внутри таких областей оказывалось отрезанным от окружающего пространства, т.е. Вселенная разбивалась на обособленные части»[5].

---

[1] В рамках модели Большого взрыва.

[2] *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296).

[3] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. С. 234.

[4] *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296).

[5] Там же.

Плотность вещества, устремлявшегося к центру дыры, возрастала, пока не достигла предела, определяемого теорией струн. Когда плотность материи достигла максимально допустимой величины, квантовые эффекты привели к Большому взрыву. «...Трёхмерная область миллиметровых размеров внутри этих бескрайних просторов преобразилась в раскалённое и плотное пятно, тождественное пятну, которое образуется при инфляционном расширении по Гуту»[1]. Тем временем снаружи возникали другие черные дыры (ЧД), которые затем тоже становились вселенными. Важная особенность данной модели состоит в том, что Вселенная расширялась как до Большого взрыва (ускоренное расширение), так и после него (расширение с замедлением). «Большой взрыв, возможно, был не моментом возникновения Вселенной, а просто внезапным переходом от ускорения к замедлению»[2].

Нужно отметить, что в отношении каждого сценария возникает много вопросов. В частности, по поводу приведенного утверждения Г. Венециано о возникновении и эволюции космологической ЧД в его модели возникают следующие вопросы. Что такое материя и вещество снаружи ЧД? Что именно засасывала ЧД? Далее, существовало ли только одно дилатонное поле или были и другие формы материи? Планковское состояние Вселенной включало в себя уже не одно (что было бы предпочтительно с точки зрения единой теории), а по крайней мере, два материальных субстрата: материальные струны и дилатонное поле? И другие.

Согласно Г. Венециано, если проигрывать историю Вселенной назад, то кривизна пространства-времени будет расти, но не достигнет бесконечного значения, как в сингулярности, а в некоторый момент ее значение достигнет максимума и снова начнет уменьшаться. С точки зрения

[1] Там же.
[2] Там же.

Г. Венециано, это – *чистый* вариант устранения сингулярности: «До появления теории струн физики отчаянно пытались придумать механизм, который мог бы так чисто устранить сингулярность»[1].

«В соответствии с такой моделью Вселенная перед Большим взрывом была почти идеальным зеркальным изображением самой себя после него»[2]. Но с этим трудно согласиться, либо необходимы какие-то дополнительные обоснования. По-видимому, Вселенная не может тождественно повторяться. Дело в том, что информация при коллапсе Вселенной, даже не доходя до сингулярности, а уже у планковского порога, разрушается. Это может происходить, например, вследствие действия мощных приливных сил, разрушающих любые структуры сжимающейся Вселенной, и следовательно, при этом происходит потеря информации о структурном устройстве Вселенной. Поэтому *зеркального* повторения Вселенной быть в принципе не может. Хотя Вселенная и может воспроизводиться, видоизменяясь. Эту особенность можно назвать *принципом неповторимости нашей Вселенной*.

Что же представляет собой Большой взрыв? Авторы этого сценария считают, что «Внутри черной дыры пространство и время меняются ролями: ее центр – не точка пространства, а момент времени. Падающая в черную дыру материя, приближаясь к центру, становится все более плотной. Но, достигнув максимальных значений, допускаемых теорией струн, плотность, температура и кривизна пространства-времени внезапно начинают уменьшаться. Момент такого реверсирования и есть то, что мы называем Большим взрывом. Внутренность одной из описанных черных дыр и стала нашей Вселенной»[3].

---

[1] *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296).

[2] Там же.

[3] Там же.

Г. Венециано проводит различие между струнной космологией и космологией на основе ОТО. «Общая теория относительности подразумевает конечность бытия – расширяющаяся Вселенная должна была возникнуть в результате Большого взрыва»[1]. Но ОТО – классическая теория, и она предсказывает возникновение Вселенной из физически бессмысленного с точки зрения этой теории сингулярного состояния. Все дело в том, что «в самом начале Большого взрыва теория относительности не действовала, поскольку все происходившие в тот момент процессы носили квантовый характер»[2]. В любом квантовом обобщении космологии сингулярность устраняется и все начинается с планковского состояния Вселенной. Вселенная, возможно, существовала и до планковской эпохи. «Симметрия теории струн предполагает, что у времени нет ни начала, ни конца. Вселенная могла возникнуть почти пустой и сформироваться к моменту Большого взрыва или пройти несколько циклов гибели и возрождения»[3]. В космологии «начала» космологи предложили следующие две альтернативы, связанные с объяснением однородности Вселенной: на начальной стадии развития Вселенная была либо намного меньше, либо намного старше, чем считалось раньше. Первая альтернатива связана с популярной в настоящее время моделью инфляционного расширения, которая объясняет ряд космологических проблем, однако в ней остаются пока без объяснения, по крайней мере, две концептуально важные вещи: что представлял собой инфлатон и откуда у него взялось столько потенциальной энергии? Согласно второй альтернативе не было никакого начала. «Если время началось не в момент Большого взрыва, а Вселенная возникла задолго до начала нынешнего космиче-

[1] Там же.
[2] Там же.
[3] Там же.

ского расширения, то у материи было достаточно времени, чтобы плавно самоорганизоваться»[1].

Экпиротический сценарий. Другая популярная модель, подразумевающая существование Вселенной до Большого взрыва, – экпиротический сценарий (от греч. ekpyrotic – «пришедший из огня»), разработанный Д. Каури, П. Стейнхардтом, Б. Оврутом, Н. Зейбергом и Н. Тьюроком. Он основан на предположении, что наша Вселенная – одна из многих D-мембран, дрейфующих в многомерном пространстве. Мембраны притягиваются друг к другу, а когда они сталкиваются, в них может произойти то, что мы называем Большим взрывом.

Если наша Вселенная – многомерная мембрана, плавающая в еще более многомерном пространстве, то Большой взрыв, возможно, был результатом ее соударения с параллельной мембраной. Вот как этот процесс комментирует Г. Венециано: «Притягиваясь друг к другу, две почти пустые мембраны сжимаются в направлении, перпендикулярном направлению движения. Мембраны соударяются, и их кинетическая энергия преобразуется в материю и излучение. Это соударение и есть Большой взрыв. После удара мембраны расходятся и начинают расширяться с убывающей скоростью. Материя собирается в скопления галактик. В циклической модели силы притяжения замедляют движение расходящихся мембран. Материя разреживается. Мембраны останавливаются и снова начинают сближаться, расширяясь при этом с возрастающей скоростью»[2].

«Не исключено, что коллизии происходят циклически. Две мембраны могут сталкиваться, отскакивать друг от друга, расходиться, притягиваться одна к другой, снова соударяться и так далее. Расходясь после удара, они не-

---

[1] *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. 2004. (www.sciam.ru/article/2296).

[2] Там же.

много растягиваются, а при очередном сближении снова сжимаются. Когда направление движения мембраны сменяется на противоположное, она расширяется с ускорением, поэтому наблюдаемое ускоряющееся расширение Вселенной может указывать на предстоящее столкновение»[1].

«У предвзрывного и экпиротического сценариев есть общие особенности. Оба они начинаются с большой, холодной, почти пустой Вселенной, и обоим свойственна трудная (и пока нерешенная) проблема перехода от состояния перед Большим взрывом к стадии после него. Математически главное различие между двумя моделями заключается в поведении дилатона. В предвзрывном сценарии это поле и, соответственно, все силы природы изначально очень слабы и постепенно усиливаются, достигая максимума в момент Большого взрыва. Для экпиротической модели справедливо обратное: столкновение происходит тогда, когда значения сил минимальны.

Разработчики экпиротической схемы вначале надеялись, что слабость сил облегчит процедуру анализа столкновения, однако им приходится иметь дело с высокой кривизной пространства-времени, поэтому пока нельзя однозначно решить, удастся ли избежать сингулярности. Кроме того, этот сценарий должен протекать при весьма специфичных обстоятельствах. Например, перед самым столкновением мембраны должны быть почти идеально параллельны друг другу, иначе вызванный им Большой взрыв будет недостаточно однородным. В циклической версии эта проблема стоит не так остро: последовательные соударения позволили бы мембранам выровняться»[2].

Этот сценарий также ставит ряд концептуальных проблем. Прежде всего, сама модель *столкновения вселенных*. Даже если она верна, то это, на наш взгляд, – очень прими-

---

[1] Там же.
[2] Там же.

тивное устройство реальности. По существу, этот сценарий остается в рамках корпускулярной парадигмы: «частицы» (частицеподобные объекты) движутся в пространстве и сталкиваются. Такой подход лишний раз доказывает, что в космологии не появилось новых фундаментальных представлений, новой парадигмы. Столкновение вселенных на бранах по существу сводится к онтологии (парадигме) столкновений макрообъектов или микрочастиц. Будем называть это *корпускулярной парадигмой*. Вселенная концептуально рассматривается здесь как отдельная частица, которая движется в пространстве и времени, потом «налетает», сталкивается с другой корпускулой-вселенной, происходит (гигантский) взрыв-отскок, и далее инфляционно-фридмановский сценарий эволюции каждой из столкнувшихся вселенных.

Но в этом сценарии каждая из вселенных на 3-бране должна сохраняться, поскольку в противном случае должна последовать вся дальнейшая идеология столкновения обычных объектов или микрообъектов: они либо должны развалиться на составляющие, либо должно будет произойти перемешивание разлетающихся осколков обеих вселенных и сформироваться смесь вселенных (термодинамически более предпочтительный вариант подобного рассмотрения должен вести к рассеиванию остатков сталкивающихся вселенных), либо должны родиться струи частиц-вселенных по аналогии с физикой высоких энергий, поскольку сталкивающиеся браны могут иметь планковский масштаб. Этот вариант предполагает также, что вселенные на бранах могут сталкиваться на любом этапе своей космологической эволюции: от квантового масштаба и даже планковского до мегаскопического.

Неясно, в каком смысле можно понимать предлагаемую трактовку столкновения бран как космологический Большой взрыв? И действительно, если сами браны остаются целостными и всего лишь деформируются (допускаем да-

же, что их целостность также может претерпеть небольшие изменения), то все, что внутри постоянно (по космологическим меркам), разрушается и вновь созидается. Но это только еще больше актуализирует проблему природы целостности браны-вселенной. С моей точки зрения, несомненно, что на уровне столкновения вселенных (если, конечно, же, он имеет место быть) необходимы принципиально новые космологические представления.

Возникает концептуальная дилемма: 1) распространить корпускулярные представления на всю наблюдаемую Вселенную и продолжать рассматривать ее в качестве, грубо говоря, бильярдного шара, который соударяется с другими шарами (хотя и с некоторыми частными различиями между шарами и вселенными); 2) искать принципиально новое понимание самой Вселенной[1]. Если принять первую точку зрения, то соударение движущихся в пространстве 3-бран, фактически, продолжает механистическую парадигму. И действительно, здесь не предложено никакой концептуально новой формы движения – только перемещение в пространстве. Не предложено также никакой принципиально новой формы материи такого же уровня фундаментальной новизны, как электромагнитное поле в XIX веке или искривленное пространство-время в начале XX в. В принципе браны также можно рассматривать в качестве принципиально нового фундаментального физического объекта. Однако, согласно теории, с концептуальной точки зрения браны – это движущийся деформируемый p-мерный геометрический объект, и в этом вся новизна. И в принципиальном плане ситуацию не спасает то, что браны родились в муках в результате второй революции в теории струн. В этом плане для нахождения новой квантово-гра-

[1] См. *Казютинский В.В.* Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007. С. 201–212.

витационной онтологии можно привлечь мысль Б. Грина о необходимости поиска нового физического принципа, по мощности не уступающего принципу эквивалентности в ОТО[1].

В дополнение к этой принципиальной трудности можно добавить весьма специфическое требование параллельности бран при столкновении. Это необходимо для того, чтобы выдержать условие однородности Вселенной. Поскольку для произвольного движения двух бран вероятность их параллельности в момент соударения очень мала, то можно сделать вывод о том, что наша Вселенная в наблюдаемом виде – чрезвычайно случайное явление. Хотя, безусловно, можно *придумать* уточнение этой модели, скажем, допустив, что эти браны взаимодействуют друг с другом таким образом, чтобы при сближении все больше и больше параллелиться. А можно и другую версию. Это все допустимо и представляет собой производство моделей в теоретической физике, но здесь не хватает фундаментальности подхода. В настоящее время модельный подход в космологии является доминирующим теоретическим средством, и по-другому пока нельзя. Именно поэтому различные описания Вселенной и называют космологическими моделями. И именно поэтому пока не появилось фундаментальной теории Вселенной (хотя это словосочетание и режет слух).

Или еще проблема замкнутой целостности Вселенной. Что именно, какие силы, какие условия делают Вселенную целостным квазикорпускулярным объектом? Что делает ее целостной 3-браной? Что определят границу 3-браны как Вселенной? Наконец, не ясно, в каком смысле можно понимать предлагаемую трактовку столкновения бран как космологический Большой взрыв?

В современной космологии все яснее намечается методологический сдвиг в отношении понимания квантованно-

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. С. 241–242.

сти. Квантовая механика как лабораторная наука, в которой, скажем, появление корпускулярных и волновых свойств, а соответственно, и корпускулярно-волнового дуализма определялось наличием макроскопических приборов определенного типа, выходит, так сказать, на арену своего чистого космологического существования. Чистого – в смысле нелабораторного, бесприборного. Каковы свойства квантовых объектов и процессов в этом случае? Современная физика экстраполирует лабораторную квантовую механику на уровень квантовой Вселенной, однако, на этом уровне необходима новая (в том числе квантовая) онтология. Да и будет ли сохранена квантовость в прежнем понимании на этом уровне – тоже большой вопрос.

Космологические модели с отскоком. В этих моделях Вселенная при сжатии не достигает сингулярности, а на уровне планковского масштаба испытывает своего рода большой отскок (Big Bounce) и вновь начинает расширяться. Вот как представляет себе процесс космологического отскока Л. Смолин. Исходным являются сильно изменяющиеся во времени геометрии внутри черных дыр, эволюцию которых позволяет описывать петлевая квантовая гравитация. Согласно расчетам, «время может продолжаться и за пределами точки, в которой классическая ОТО предсказывает, что оно должно закончиться»[1]. Где это происходит? По-видимому, внутри «вновь созданных областей пространства-времени», в которых сингулярность заменяется так называемым «*пространственно-временным отскоком*». «Прямо перед отскоком материя внутри черной дыры сжимается. Сразу после отскока она расширяется, но внутрь нового региона, который не существовал ранее»[2].

---

[1] *Смолин Л.* Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует. London, 2007. Перевод Артамонова Ю.А. (http://zhurnal.lib.ru/a/artamonow_j_a/). С. 252.

[2] Там же.

В отношении такой картины возникает множество вопросов. Не ясны слова о том, что «перед отскоком материя внутри черной дыры сжимается». Это довольно странно для черной дыры, в которой материя коллапсирует если уж не в сингулярность, то в планковское состояние. Если имеется в виду некоторая еще несколлапсированная «до планка» материя, то вряд ли этот процесс является определяющим. Если имеется в виду постоянно падающая на черную дыру материя, то в этом случае следует говорить о перманентном квантовом отскоке, что также вызывает сомнения.

Существует еще один перевод этого космологического процесса: космология *Большого хлопка* (Big Bounce). На мой взгляд, этот вариант не менее нагляден, если под руками, осуществляющими хлопок, понимать сначала коллапсирующую и затем расширяющуюся Вселенную. Поскольку схлопывается и расширяется одна и та же Вселенная, то вселенский хлопок можно ассоциировать с известным дзенским коаном, согласно которому нужно попытаться представить хлопок одной ладонью. Этот образ более адекватен этой космологической модели и даже более эзотеричен. К сожалению, поскольку дзенские коаны, по-видимому, невозможно постигнуть рационально, то дальнейшее осознание этого варианта может быть связано только с богатой интуицией теоретиков.

Отскок как повторяющееся событие маловероятен. Звезды и галактики не восстанавливаются. Можно предложить другую гипотезу. Коллапсируя, Вселенная сжимается до планковского масштаба, поэтому все размерности в этот момент одинаковы. Можно предположить, что все состояния Вселенной при этом равновероятны. Это можно рассматривать в качестве некоторого принципа квантовой космологии – *принципа равновероятности состояний* в планковском режиме. После Большого взрыва или отскока при расширении струны не обязательно должны будут намотаться *на те же самые* измерения. Поскольку все со-

стояния равновероятны, то они могут намотаться *на другие* свернутые измерения, которые начнут распрямляться (расширяться). Вопрос состоит в следующем: если они намотаются на другие измерения, будет ли это та же самая, предыдущая Вселенная?

В модели космологического отскока М. Боджовальда присутствуют два «свободных» параметра, один из которых относится к предыдущей Вселенной, а другой – к нынешней. Однако у этих параметров есть интересная особенность – каждый из них не влияет на решения, относящиеся к другому периоду. Эти параметры являются комплементарными, отражающими квантовую неопределенность в объеме Вселенной до и после Большого хлопка. В рамках ПТКГ М. Боджовальд получил и другой важный вывод – по крайней мере один из параметров, описывающих Вселенную, не сохраняется при Большом хлопке, а это значит, что нам никогда не удастся получить точное описание предыдущей Вселенной, как и нельзя в точности ее воспроизвести в следующей «реинкарнации». Это свойство Вселенной М. Боджовальд назвал «космической забывчивостью».

Большинство современных космологических моделей рассматривают нашу Вселенную как гигантское по макроскопическим меркам образование, но все же локальное. При этом существует реальность за пределами Вселенной. На наш взгляд, это существенно снижает мировоззренческий статус Вселенной, но зато расширяет само мироздание. Наблюдаемая Вселенная становится физическим объектом и уже не может претендовать на всеобщность.

Примечания редактора (*А.Д. Панов*)

* В литературе нередко имеет место путаница, во-первых, по поводу того, что понимается под Большим взрывом, и, во-вторых, по поводу размеров Вселенной в момент Большого взрыва и после него.

Понятие Большого взрыва возникло в связи с космологическими моделями Фридмана-Робертсона-Уокера (ФРУ), которые имеют начальную сингулярность и расширение Вселенной из этой начальной сингулярности. Поэтому, на наш взгляд, корректным употреблением термина «Большой взрыв» следует считать его использование именно для обозначения Большого взрыва моделей ФРУ. В этом контексте Большой взрыв является «горячим Большим взрывом» – состоянием Вселенной с доминированием излучения и вещества (но не вакуума, квинтэссенции, скалярного поля в любой форме) при очень высокой начальной плотности и температуре и с быстрым последующим расширением. Именно таким способом понятие Большого взрыва трактуется в фундаментальной монографии Д.С. Горбунова и В.А. Рубакова «Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва» М.: Издательство ЛКИ, 2008. Однако далеко не все авторы так поступают. Несмотря на появление различных инфляционных и бранных космологических сценариев, понятие горячего Большого взрыва полностью сохраняет свое значение, так как горячий Большой взрыв почти заведомо остается одной из фаз в эволюции Вселенной. Чтобы не возникала путаница, все другие употребления понятия Большого взрыва надо бы явно оговаривать, что, однако, делается далеко не всегда (в частности, нельзя путать инфляционное расширение Вселенной с горячим Большим взрывом).

Если предположить, что в статье В.Д. Эрекаева под «Большим взрывом» понимается именно горячий Большой взрыв в смысле моделей ФРУ (а это подтверждается упоминанием высокой температуры и плотности вещества в момент Большого взрыва), то утверждение, что через какое-то время после Большого взрыва Вселенная имела размер порядка размера атома (10^{-8} см), неверно.

Действительно, даже размер области, отвечающий видимому сейчас горизонту событий (т.е., отвечающий пространству и веществу, которое заведомо существует), уже в планковское время

(порядка 10^{-43}сек), считая от момента формальной сингулярности космологической модели ФРУ, должен был составлять величину порядка 10^{-4} см – в 10000 раз больше размеров атома. Эта величина легко получается в плоской модели ФРУ, к которой очень близка наблюдаемая Вселенная. Но ведь Метагалактика внутри наблюдаемого горизонта – это, скорее всего, лишь ничтожная часть нашей Вселенной, так что размеры Вселенной в планковское время надо считать еще много большими. Это тем более должно было иметь место во все более поздние времена (после горячего Большого взрыва), а более ранние времена (в модели ФРУ) рассматривать нет смысла, т.к. это заведомо квантово-гравитационный режим, в котором фридмановская космология не работает. Горячая Вселенная, т.е. Вселенная в любой момент времени после горячего Большого взрыва, никогда не имела размера атома, а всегда была много больше (фактически – в неисчислимое число раз больше).

Дадим небольшой комментарий по поводу понятия «размера Вселенной» в моделях ФРУ, так как по этому поводу в литературе часто допускаются «наглядные», но очень упрощенные и неточные утверждения (вроде: Вселенная возникла из точки).

Однородные и изотропные космологические модели бывают трех типов: открытые, плоские и закрытые. Все типы моделей формально содержат начальную сингулярность. Все три типа моделей характеризуются масштабным фактором, который вблизи сингулярности стремится к нулю, а со временем увеличивается, что и интерпретируется как расширение Вселенной (взрыв). Но если в закрытой модели масштабному фактору действительно можно придать смысл размера или радиуса Вселенной, то в открытой и плоской модели масштабные факторы не являются размером чего-либо, а являются просто произвольным масштабом размерности длины, который используется для вычисления реальных значений координат, и для которого имеет смысл только относительное увеличение[1]. При этом открытая и плоская модель в любой момент времени вплоть до сингулярности имеют бесконечный объем, и только объем закрытой модели действительно растет, начиная с нуля. Важно следующее: уже в момент рождения плоская и открытая Вселенная в модели ФРУ должна

[1] Заметим, что так называемый хаббловский радиус $r_H = c/H$, который определен для всех моделей, определяет не размер Вселенной, а размер наблюдаемой части Вселенной (Метагалактики).

рассматриваться как бесконечная, и в дальнейшей эволюции эта бесконечность только «еще больше растягивается».

Таким образом, в космологических моделях ФРУ можно говорить о размере только закрытой Вселенной. Строго говоря, точно неизвестно, является ли наша Вселенная открытой, плоской, или закрытой с точки зрения космологии ФРУ. Может быть, если она закрытая, то все-таки можно говорить об очень маленьком начальном размере в момент Большого взрыва? Нет, в момент, когда Вселенная перешла в горячее состояние, что и следует отождествлять с реальным началом горячего Большого взрыва нашей Вселенной, она уже была практически плоской, т.е. радиус соответствующей замкнутой Вселенной должен быть огромен, огромны и ее размеры (что и подтверждается оценкой размера горизонта, приведенной выше). Даже если наша Вселенная замкнута, на стадии горячего взрыва она никогда не имела малый размер.

Откуда же берутся утверждения, постоянно встречающиеся в популярной (и не очень) литературе, что «Вселенная возникла из точки»? Это утверждение может иметь два различных источника. Во-первых, оно может быть понято как метафора, в том смысле, что любые два объекта, между которыми сейчас расстояние конечно или даже велико, когда-то были крайне близки (помещались «в одной точке»). Во-вторых, утверждение может относиться не к горячему Большому взрыву, а к начальной стадии инфляции из квантовой флуктуации поля инфлатона (которая, в общем случае, не обязана присутствовать в космологическом сценарии: ее нет в бранных сценариях).

О малых начальных размерах Вселенной действительно можно говорить, если подразумевать под ними не ее размер в момент горячего Большого взрыва или после него, но размер раздувающегося пузыря нашей локальной Вселенной (или какой-нибудь другой), в рамках инфляционной космологии, имея в виду период от возникновения квантовой флуктуации **ДО** момента горячего Большого взрыва. Здесь размер пузыря действительно может (хотя и не обязан) меняться от микроскопического в момент начала раздувания, до чудовищного в момент разогрева Вселенной в Большом взрыве (он может пройти и через размер атома, который, однако, в этом сценарии ничем не выделен, и не означает перехода от квантовой стадии эволюции к классической). Если уж говорить о малом начальном размере Вселенной, то надо четко обозначать, что это понятие, во-первых, имеет от-

ношение к истории Вселенной **ДО** горячего Большого взрыва – к квантовому рождению и последующей инфляционной стадии; во-вторых, надо понимать, что вопрос о размере начальной квантовой флуктуации пока неясен; и, в-третьих, не следует забывать, что есть космологические сценарии (бранные), в которых вообще нет никакого квантового рождения Вселенной из флуктуации и нет малых размеров чего-либо, связанного с этим событием. Часто все эти тонкости опускаются, что вводит читателей в заблуждение.

•• «Этот вывод меняет представление о сингулярном состоянии Вселенной непосредственно в момент Большого взрыва».

Инфляционная космология, как и бранная, вообще говоря, **не содержит** представлений о сингулярном состоянии Вселенной ни в момент горячего Большого взрыва, ни когда бы то ни было до него. Никакой неизбежной сингулярности в современной, но неквантово-гравитационной, космологии нет. И в инфляционной, и в бранной космологии Вселенная в момент горячего взрыва очень велика и обладает конечной плотностью и температурой (которая в инфляционной космологии определяется плотностью энергии поля инфлатона на момент фазового перехода). Начальная сингулярность инфляционного периода (до горячего Большого взрыва! см. предыдущее примечание) в большинстве инфляционных сценариев явно устраняется началом расширения Вселенной из предполагаемой квантовой флуктуации скалярного поля инфлатона, которая имеет конечный размер, и для описания которой, вообще говоря, квантовая гравитация может и не потребоваться (это обычная квантовая флуктуация поля вроде той, которая определяет наблюдаемый эффект Казимира). По этому поводу А. Линде написал[1]: «В этом отношении инфляционная космология обладает очень важным преимуществом: она работает практически независимо от решения проблемы сингулярности. Она одинаково хорошо работает после сингулярности, после отскока, или после квантового рождения вселенной. Этот факт особенно ясен в сценарии вечной инфляции: вечная инфляция делает процессы, которые происходят в области большого взрыва

[1] *A. Linde.* Inflationary Cosmology // Lect.Notes Phys. V. 738(2008). P. 1–54 (arXiv:0705.0164v2 [hep-th]).

практически не имеющими отношения к последующей эволюции вселенной» (*перевод с англ. А.П.*). Заметим, что в цитированном отрывке А. Линде понимает под большим взрывом не горячий Большой взрыв, и даже не начало инфляции нашей Вселенной, но начало первого в Мультиверсе инфляционного расширения (если таковое вообще было, по поводу чего Линде в цитированном обзоре высказывает сомнение), с которого все началось, или даже начало самого Мультиверса – начало процесса вечной инфляции. То, что есть необходимость в начале Мультиверса – тоже, как считает Линде, сомнительно.

Представление о сингулярности содержит классическая фридмановская космология (и другие классические космологии), что делает классические решения расходящимися. В этом состоит классическая проблема сингулярности в космологии. Теория струн вместе с ПТКГ показывают, что даже из *идеализированного* классического сценария (который игнорирует проблему происхождения горячего Большого взрыва) можно устранить сингулярность благодаря эффектам квантовой гравитации. Точное утверждение состоит в том, что из-за эффектов квантовой гравитации перестает работать теорема Пенроуза о сингулярности. Целью анализа космологической сингулярности в квантовых теориях гравитации является не столько вопрос о том, как на самом деле Вселенная решает проблему сингулярности, сколько более формальный вопрос о том, не являются ли решения ОТО противоречивыми, и является ли сингулярность в решениях ОТО неизбежной. В литературе иногда перемешивается одно с другим (устранение сингулярности в инфляционном сценарии и в космологии вообще и устранение сингулярности из классических решений ОТО), что порождает путаницу. Эта путаница присутствует, например, у Б. Грина в «Элегантной Вселенной»[1]: «...для исключения бесконечной температуры и плотности энергии, которые возникают в стандартной и инфляционной модели,...» (стр. 234). В действительности, в стандартной модели бесконечная температура и плотность энергии возникают, а в инфляционной – нет. Этой неточности уже нет в новой книге Б. Грина «Ткань космоса»[2].

---

[1] *Б. Грин.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2005.

[2] *Б. Грин.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. М., 2009.

Другим выражением путаницы является то, что некоторые авторы, работающие в области квантовой космологии и квантовой гравитации, то ли не очень понимают, то ли сознательно игнорируют, что в инфляционной космологии проблема сингулярности не встает. Так Мартин Боджовальд в обзоре «Петлевая квантовая космология»[1] так представляет задачу квантовой гравитации в космологии: «Ожидается, что квантовая гравитация будет необходима для понимания ситуации в случаях, когда классическая общая теория относительности терпит неудачу. В частности, в космологии приходится иметь дело с начальными сингулярностями, иначе говоря, с тем фактом, что обратная эволюция классического пространства-времени неизбежно приходит к концу за конечное собственное время. Это представляет собой крах классической картины и требует для описания расширенной теории» (*перевод с английского А.П.*). То, что в инфляционной космологии проблема сингулярности вообще говоря не встает, Мартин Боджовальд не отмечает, вместо этого он настаивает на использовании расширенной теории (квантовой гравитации), и, более того, среди 314 литературных ссылок в цитированном обзоре нет ни одной ссылки на ставшие уже классическими статьи по инфляционной космологии (что по меньшей мере странно для фундаментального обзора по космологии).

Эта путаница еще более усиливается из-за того, что формальное решение проблемы космологической сингулярности с использованием квантовой гравитации приносит неожиданный бонус: оказывается, что некоторые теории квантовой гравитации (в частности, петлевая гравитация) не только устраняют сингулярность, но могут описать и некоторые варианты процесса инфляции, в которой инфляция имеет чисто квантово-гравитационное происхождение[2]. То есть, естественное устранение проблемы сингулярности в теориях инфляции не следует путать с тем, что некоторые квантовые теории гравитации способны формально (т.е. независимо от проблемы происхождения горячего Большого взрыва) устранить сингулярность из классических космологических решений, и при этом еще предложить квантово-гравитационную модель инфляции.

---

[1] *Martin Bojowald.* Loop Quantum Cosmology // Living Rev. Relativity, 11, (2008), 4 http://www.livingreviews.org/lrr-2008-4.

[2] См. цит. стат. Раздел 4.6.2.

А. Д. Панов

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНТРОПНОГО ПРИНЦИПА И МУЛЬТИВЕРС[1]

1. Антропный принцип и уникальность Вселенной

Почему условия на Земле пригодны для жизни? Такой вопрос кажется лишенным смысла, так как ответ на него очевиден: если бы на Земле условия не были пригодными для жизни, мы бы здесь не жили. Этот нехитрый ответ подразумевает, что существуют и другие планеты, на которых условия могут быть совсем другими, в том числе и вовсе не пригодными для жизни.

Однако, аналогичный вопрос в отношении всей нашей Вселенной более чем уместен. Это связано с пониманием двух вещей. С одной стороны, Вселенная могла бы быть устроена совсем по-другому – так, что никакая жизнь в ней

---

[1] Настоящая статья была написана раньше нашей статьи «Методологические проблемы космологии и квантовой гравитации», публикуемой в этом же сборнике. В промежуток времени между подготовкой двух статей вопросы, касающиеся статуса реальности Мультиверса, которые рассматриваются в настоящей статье, получили дальнейшее развитие, что и отражено в более поздней статье, публикуемой в сборнике. Однако для нашей статьи это изменение представлений не является критическим, поэтому мы сочли возможным оставить статью без переработки, чтобы не нарушать связность изложения. Не следует рассматривать некоторое различие в трактовке реальности понятия Мультиверса в этой и предыдущей статьях как выражение противоречивости позиции автора.

была бы невозможна. Фундаментальные физические постоянные (или начальные условия при образовании Вселенной) имеют до такой степени специальные значения, как будто они намеренно подобраны так, чтобы во Вселенной могли образоваться сложные формы материи[1]. С другой стороны, в отличие от множества известных планет (в настоящее время около трех сотен), нам известна только одна Вселенная. Это обстоятельство порождает попытки искать ответ на вопрос о столь выделенных свойствах Вселенной, что в ней может существовать жизнь и разум, в совершенно различных направлениях.

Одно направление поисков подразумевает, что Вселенная просто не могла быть иной. В частности, все фундаментальные постоянные должны однозначно выводиться из некоторой фундаментальной физической теории, которая тоже единственна. Именно это, видимо, подразумевал Эйнштейн в своем знаменитом высказывании: «Что меня по-настоящему интересует, так это был ли у Бога какой-то выбор при сотворении мира».

Другое направление связано с так называемым антропным принципом[2]. Один из основных вариантов толкования антропного принципа гласит, что Вселенная такова, какова она есть, потому что будь она *другой* – ее некому было бы наблюдать. Как и в случае с планетами, с которого мы начали, такое объяснение устройства нашей Вселенной неявно подразумевает, что *могут быть* и *другие* вселенные, или наша Вселенная могла бы оказаться другой в ситуации некоторого *выбора*. Вне этого предположения слово «другой» в формулировке антропного принципа теряет смысл

---

[1] *Розенталь И. Л.* 1996. Теория элементарных частиц и принцип целесообразности. // В. В. Казютинский, ред., Астрономия и современная картина мира, Мир, Москва: ИФРАН. С. 183–192.

[2] *Казютинский В. В.* 1996. Антропный принцип и мир постнеклассической науки. // Астрономия и современная картина мира, М.: ИФРАН. С. 144–182.

вместе с самим принципом. И вот здесь все становится непонятным: что значит, другие вселенные «могут быть», что означает «выбор» и из чего, когда Вселенная всего одна? Можно ли придать разумный смысл понятию выбора (и, быть может, вероятности, необходимости или каким-то другим атрибутам выбора), если Вселенная всего одна? Из чего выбирать?[1]

2. Мультиверс

В современной физике по нескольким совершенно разным причинам возникает представление, что наша Вселенная, или, как иногда говорят, наблюдаемая Вселенная, является лишь одним из многих объектов подобного же типа, которые в некотором, не совсем, правда, простом смысле, все одновременно существуют [2]. Эти другие вселенные называются локальными вселенными, минивселенными, и даже – карманными вселенными. Всё объемлющее и заключающее в себя эти локальные вселенные многообразие называется Мультиверсом. Этот термин можно считать практически устоявшимся.

Важно, что локальные вселенные, одной из которых является наша Вселенная, в принципе могут обладать совер-

[1] Заметим, что здесь были обозначены две крайние возможности в объяснении тонкой настройки констант: полная детерминация фундаментальной физикой, либо фиксация антропным принципом из множества случайных наборов. Существует промежуточная возможность, когда значения некоторых важных констант жестко детерминированы, а другие фиксируются антропным принципом. Возможно, именно это имеет место. Например, почти точное равенство плотности Вселенной критической плотности (что важно для жизни) является однозначным следствием инфляционной космологии, а что фиксирует другие постоянные – неизвестно. Вся антропная аргументация по-прежнему работает на подмножестве недетерминированных констант.

[2] *Тегмарк М.* 2003. Параллельные вселенные. // *В мире науки.* № 8. С. 23–33.

шенно разными свойствами: разными спектрами масс фундаментальных частиц, разными константами взаимодействия, разными начальными или граничными условиями, даже разными размерностями пространства. Для краткости обычно говорят просто о различии наборов фундаментальных констант. Более того, в современной физике нащупывается подход к возможным механизмам фиксации того или иного набора констант в разных вселенных. Это может быть связано, например, с выбором одной из возможных конфигураций физического вакуума в теории суперструн[1], хотя это не исчерпывает всех возможностей. Мы здесь ссылаемся на эту возможность просто потому, что соответствующие представления лучше разработаны и более широко известны.

Конфигурация физического вакуума в теории струн определяется выбором того или иного минимума энергии на множестве различных конфигураций так называемого пространства компактификации. Зависимость плотности энергии вакуума от конфигурации пространства компактификации иногда называется «ландшафтом теории струн», и тип вакуума соответствует одному из минимумов, или «долин», в этом ландшафте. Имеется даже оценка, сколько существует таких долин. Их оказывается чудовищно много: порядка 10^{500}. Столько же существует различных конфигураций вакуума, столько различных наборов фундаментальных физических констант и столько же может быть различных типов вселенных. Надо, конечно, понимать, что эти представления далеко еще не являются установленным научным фактом, но они не являются и беспочвенной спекуляцией. Обсуждаются возможные связи таких моделей с экспериментом.

Представление о Мультиверсе возникает в современной физике одновременно несколькими разными способами.

---

[1] *Буссо Р., Полчински Й.* Ландшафт теории струн. // *В мире науки.* № 12, 2004. С. 56–65.

Мы не ставим себе целью дать полный обзор, и упомянем только наиболее, как сейчас представляется, важные и фундаментальные возможности.

Мультиверс возникает, во-первых, в рамках так называемой многомировой интерпретации квантовой теории. Многомировая интерпретация восходит к Хью Эверетту[1] и часто называется эвереттовской интерпретацией. На самом деле сам Эверетт о многих мирах ничего не писал. Он только дал описание процесса квантового измерения исключительно в терминах уравнения Шредингера, без явного использования так называемого постулата редукции состояния фон Неймана (детальное обсуждение эвереттовской интерпретации имеется в нашей статье[2]). В этом подходе исследуемая квантовая система, прибор, а также, быть может, и наблюдатель, рассматриваются как единая большая квантовая система, которая описывается единым квантовым состоянием и унитарной эволюцией. После измерения такая система распадается в суперпозицию макроскопически различных квантовых состояний, в которой все результаты измерения существуют одновременно, но с разными амплитудами. Термин «многомировая интерпретация» связан с Джоном Уилером, который предложил распространить подход Эверетта на Вселенную в целом в комментарии, который был опубликован вместе с оригинальной статьей Эверетта[3].

На самом деле, многомировую интерпретацию квантовой теории вообще трудно назвать интерпретацией, так как она является прямым и неизбежным следствием попытки рассмотреть Вселенную как квантовый объект. Она являет-

---

[1] *Everett Hugh.* III. Relative state formulation of quantum mechanics. // *Rev. of Modern Physics*, 1957.V. 29(3). P. 454–462.

[2] *Panov A.* 2008. Selection Postulates and Probability Rules in the Problem of Quantum Measurement. NeuroQuantology. V. 6(3). P. 297–310.

[3] *Everett Hugh.* III. Relative state formulation of quantum mechanics. // *Rev. of Modern Physic,* 1957.V.29(3). P. 454–462.

ся неотъемлемой частью уже существующей квантовой теории, если «идти до конца». Фактически, представление о Вселенной как о квантовом объекте уже сейчас имеет прикладное значение для вычисления углового спектра анизотропии температуры реликтового излучения и спектра неоднородностей распределения материи в больших масштабах и подтверждается наблюдениями.

В многомировой интерпретации квантовая Вселенная представляет собой квантовую суперпозицию многих макроскопически различных классических эволюционных траекторий развития Вселенной, в совокупности образующих структуру, напоминающую древовидную. Причем, поскольку эволюционные траектории могут «расходиться» на очень ранней стадии, разные траектории могут различаться и наборами фундаментальных констант или начальных условий. Это уже сейчас имеет наблюдаемые следствия. Так, например, наблюдаемая картина анизотропии реликтового излучения связана с первичными квантовыми флуктуациями пространства-времени (для обзора см[1].) и является результатом случайного выбора одной из многих возможных квантовых альтернатив. Однако и другие альтернативы актуально должны существовать в других ветвях квантовой вселенной. Другие ветви имеют другой случайный выбор распределения температуры реликтового излучения по небесам, и обитатели этих других ветвей навечно обречены созерцать его и только его, как и мы ничего уже не можем сделать с наблюдаемым рисунком анизотропии в нашей Вселенной. Однако анизотропия реликтового излучения является результатом хотя и довольно фундаментального, но относительно «позднего» выбора. Влияние этого выбора

[1] *Lineweaver Ch. H.* Inflation and the cosmic microvawe background. 2003. arXiv:astro-ph/0305179; *Linde A.* Inflationary Cosmology. Lect. Notes Phys. 2008. V.738. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th]), Daniel B., Mark G. J., Peter A., et al. CMBPol Mission Concept Study: Probing Inflation with CMB Polarization. 2008. arXiv: 0811.3919[astro-ph].

на жизнь в нашей Вселенной относительно невелико. Более ранние «ветвления» могут вести к гораздо более серьезным отличиям в устройстве вселенных. Пример анизотропии реликтового излучения важен тем, что здесь случайная фиксация космологических параметров «видна, как на ладони» в виде случайного рисунка на небесах.

Надо отметить, что каждый компонент этой вселенской квантовой суперпозиции обладает собственным внутренним временем, причем вполне мыслима такая ситуация, что некоторые компоненты могут не содержать времени вовсе (например, оно может быть компактифицировано в структуру очень малого размера) или содержать несколько временных размерностей. Поэтому (и по ряду других более сложных причин, на которых мы не останавливаемся) это ветвление эволюций ни в коем случае не является процессом, развернутым во времени, как это очень часто наивно представляется. Это нечто более сложное.

Каждая эволюционная траектория квантовой вселенной «изнутри» воспринимается как отдельная локальная классическая вселенная, и, по существу, таковой и является. Но все траектории-вселенные существуют «одновременно» и равноправно как разные компоненты одной квантовой суперпозиции. При этом с каждой отдельной вселенной связана еще амплитуда, характеризующая положение данной вселенной в суперпозиции, которая не допускает простой классической интерпретации. Хотя нетривиальные связи между вселенными – компонентами квантовой суперпозиции не исключаются[1], но с точки зрения современного состояния науки такие возможности выглядят достаточно неортодоксально. По крайней мере в буквальном смысле путешествовать из одной вселенной в другую невозможно.

---

[1] *Менский М. Б.* Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. Фрязино, 2007.

Во-вторых, представление о Мультиверсе возникает в рамках представлений хаотической инфляционной космологии[1]. Первоначальной целью инфляционной космологии было описание некоторых особенностей рождения нашей собственной Вселенной (ее плоскостность и др.), но оказалось, что логически замкнутая теория описывает рождение не одной, а сразу бесконечного набора локальных вселенных, причем процесс этого рождения имеет в определенном смысле непрерывный характер. Это представление известно как хаотическая, или вечная инфляция. Здесь Мультиверс представляет собой набор слабо связанных или совсем независимых классических (не квантовых) объектов – локальных вселенных, одним из которых является и наша Вселенная.

Локальные вселенные напоминают отдельные пузыри, либо выдуваемые из некоторого общего предка всех локальных вселенных – «правселенной», либо отщепляющиеся от других раздувающихся вселенных на начальной, квантовой, стадии раздувания (когда квантовые флуктуации энергии очень велики). Рассматривается также возможность рождения вселенных в сингулярностях черных дыр[2]. Здесь по отношению друг к другу разные локальные вселенные оказываются как вне прошлого, так и вне будущего. Поэтому «одновременное» существование разных локальных вселенных надо понимать весьма условно. Нет никакого такого общего для всех времени, в котором все эти вселенные одновременно могли бы существовать.

---

[1] *Линде А. Д.* Раздувающаяся Вселенная. *Успехи физических наук.* Т. 144(2), 1984. С. 177–214; *Linde A.* Inflationary Cosmology. Lect. Notes. Phys. 2008. V. 738. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th])

[2] *Smolin Lee.* Scientific alternatives to the anthropic principle. In: Universe or Multiverse? Cambridge University Press, 2007. P. 323–366 (arXiv:hep-th/0407213).

Наконец, возможен синтез обоих подходов, когда хаотическая инфляция, включающая множество минивселенных, рассматривается как единый квантовый объект. Помимо этого, существует еще целый ряд других концепций Мультиверса[1], на которых не будем останавливаться.

Таким образом, возвращаясь к проблеме выбора устройства вселенной в антропном принципе, можно констатировать, что выбирать устройство вселенной, вполне возможно, *есть* из чего – это выбор из множества локальных вселенных Мультиверса. Однако, в последнем утверждении нуждается в уточнении слово «есть». Иначе говоря, в каком смысле «другие вселенные» можно признать существующими или реальными?

3. Реальность Мультиверса

Известный космолог Макс Тегмарк в качестве подзаголовка для популярной статьи[2] о Мультиверсе, написал: «Параллельные вселенные – не выдумка писателей-фантастов, а естественный вывод из космологических наблюдений». Эти слова нуждаются в некоторых пояснениях.

Как уже упоминалось, инфляционная космология описывает рождение не одной, а сразу огромного (или даже бесконечного) числа вселенных. При этом сама инфляционная космология не является досужей выдумкой или «мифом», как нередко приходится слышать, так как она имеет прямую связь с наблюдениями. В статье А.Д. Линде[3] приведено семь проверяемых наблюдательных следствий инфляции, шесть из которых связаны с различными аспек-

---

[1] *Тегмарк М.* Параллельные вселенные. // *В мире науки.* № 8. 2003. С. 23–33.

[2] Там же.

[3] *Linde A.* Inflationary Cosmology. // Lect. Notes. Phys.V. 738. 2008. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th])

тами квантовых возмущений метрики пространства, имевшими место на ранних инфляционных стадиях расширения Вселенной. Хотя эти возмущения имели квантовый характер, но наблюдаемые в настоящее время следствия имеют вовсе не квантовый масштаб: они проявляются в крупномасштабной неоднородности наблюдаемой Вселенной (скопления и сверхскопления галактик, гигантские пустоты – «войды») и в анизотропии реликтового излучения. Тонкие особенности анизотропии реликтового излучения не только могут подтвердить или опровергнуть теорию инфляции как таковую, но и различить между различными инфляционными сценариями. Так как Мультиверс является неизбежным ингредиентом практически любого инфляционного сценария, то наблюдения действительно имеют к Мультиверсу самое непосредственное отношение, как и пишет о том Тегмарк[1].

Отметим, что наблюдения имеют отношение не только к Мультиверсу инфляционной космологии, но и к Мультиверсу многомировой эвереттовской интерпретации квантовой механики. Действительно, наблюдаемые следствия квантовых флуктуаций пространства, запечатленные в анизотропии реликтового излучения и крупномасштабных неоднородностях распределения материи, прямо говорят о том, что на самых ранних фазах развития вся Вселенная (или, по крайней мере, ее наблюдаемая часть) была существенно квантовым объектом. А квантовый объект должен описываться квантовой теорией, следовательно Вселенная должна была, или, по крайней мере могла, как и положено квантовому объекту, описываться суперпозицией квантовых состояний – суперпозицией многих вселенных. Нелепо предполагать, что потом эта суперпозиция куда-то исчезла: сама же квантовая теория предсказывает, что каждая ветка

[1] *Тегмарк М.* Параллельные вселенные // *В мире науки.* № 8. 2003. С. 23–33.

такой суперпозиции развивается совершенно независимо от всех остальных (продолжая непрерывно все более ветвиться).

Таким образом, те модели теоретической физики (или космологии), которые успешно описывают данные наблюдений, одним из своих компонентов содержат Мультиверс. Поскольку и в той степени, в какой предсказания этих моделей соответствуют реальности, реальны и их ингредиенты, включая Мультиверс и «параллельные вселенные». Без Мультиверса правильного и согласованного описания *наблюдаемой* реальности получить пока не удается. На это утверждение обычно можно услышать два сорта возражений.

Первое возражение заключается в том, что как модель инфляции, так и эвереттовская интерпретация квантовой теории, отнюдь не являются истиной в последней инстанции, поэтому несколько опрометчиво делать на их основе категорические выводы. Более того, даже сама концепция Большого взрыва не является окончательно доказанной, так как красное смещение спектров далеких галактик может быть объяснено гравитационным смещением частоты света, реликтовое излучение чем-то еще и т. д.

Это всё действительно так, но верно также и то, что ни одна из таких альтернативных теорий с единых позиций не объясняет все наблюдательные данные, включая тонкие особенности спектра флуктуаций температуры реликтового фона, соотношение изотопов первичных легких элементов и т. д. При этом такие альтернативные теории часто просто довольно неграмотны и содержат большое число ошибок в фактах и в логике[1]. А «стандартная космологическая мо-

[1] В качестве типичного примера статьи, посвященной критике концепции Большого взрыва, приведем статью: Семиков С.А. А был ли Большой взрыв? 2008. Htth://ritz-btr.narod.ru/vzriv.html Она типична в отношении ограничения круга использованных для анализа экспериментальных данных. Так, например, в ней даже не упоминаются самые кри-

дель»[1] вместе с теорией инфляции объясняет все основные результаты наблюдений, включая и их очень тонкие аспекты, причем с единых позиций и исходя из крайне ограниченного набора исходных предположений. Это является чрезвычайно сильным аргументом в пользу того, что значительная часть элементов этой «стандартной» картины уцелеет при любом дальнейшем развитии теории.

Можно ли исключить, что стандартная космология окажется совершенно неверной в своей основе? В отношении концепции горячего Большого взрыва это кажется почти невероятным, так как она согласованно и точно описывает огромное количество фактов. Что касается инфляции, то такое еще можно себе представить. Например, у инфляционной космологии имеется сильный конкурент в лице так называемой «бранной космологии» (braneworld cosmology[2]). В бранном сценарии наша Вселенная представляется трехмерной поверхностью (браной), вложенной в пространство более высокой размерности. Большой взрыв наступает после того, как наша брана сталкивается с *другой* аналогичной браной, то есть в бранной космологии концепция многих (двух как минимум) отдельных вселенных закладывается с самого начала. Инфляция в бранных моделях тоже присутствует, но не на ранних, а, наоборот, на

тические для серьезной проверки всех современных космологических теорий данные по анизотропии реликтового излучения. Здесь, к тому же, есть и явные патологии, например – ссылка на несуществующий эффект «старения света», и множество фактических ошибок.

[1] Под «стандартной космологической моделью», или ΛCDM-моделью, понимается модель, в которой плоская Вселенная с метрикой Фридмана-Робертсона-Уокера заполнена тёмной энергией (описываемой Λ-членом в уравнениях Эйнштейна) и холодной тёмной материей (англ. Cold Dark Matter). См. [Горбунов, Рубаков 2008:Гл. 4] а также статью в Википедии http://ru.wikipedia.org/wiki/Модель_Лямбда-CDM.

[2] *Грин. Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 395–414.

очень поздних стадиях расширения вселенных. Однако эта поздняя инфляция играет ту же роль, что и в обычной инфляционной космологии играла ранняя инфляция, так как предполагается, что соударения вселенных происходят на очень поздних стадиях расширения после предыдущего соударения (то есть соударения происходят периодически). Так что начальными условиями для горячего взрыва является растянутое инфляцией пространство от предыдущей фазы развития вселенной (чем объясняется плоскостность пространства и т. д.). Наблюдения, в принципе, способны различить обычные инфляционные сценарии и бранные сценарии (по особенностям поляризации реликтового фона), так что бранные сценарии вместе с обыкновенной инфляцией отнюдь не принадлежат области метафизики. Надо отметить, что, по мнению многих, бранные сценарии выглядят несколько противоестественно, так как нуждаются в «тонкой подгонке» параметров, в отличие от обычной инфляции. Например, соударяющиеся вселенные должны быть точно параллельны. С чего бы это? У бранных сценариев гораздо меньше сторонников, но не стоит забывать, что в науке вопросы истины голосованием не решаются. Таким образом, «стандартная космология», включая инфляцию, выглядит очень правдоподобной, и в той же степени правдоподобно существование Мультиверса.

Второе обычное возражение состоит в том, что даже если исходить из предположения, что теоретическая концепция Мультиверса совершенно верна, то сведения о других вселенных, поставляемые наблюдениями, *слишком* косвенные, чтобы считать другие вселенные реальными. Другие вселенные «не наблюдаются прямо».

В этом возражении требует уточнения слово «слишком». Что это в точности означает? Проблема в том, что все более или менее точные знания об окружающем мире вовсе не являются прямыми, но имеют смысл только

в рамках той или иной теоретической модели. Если некоторая теоретическая модель согласуется с наблюдениями, то и ее элементы считаются соответствующими реальности.

Даже такая операция, как простейшее измерение длины линейкой, связана с идеализированной моделью абсолютно твердого стержня. Вне такой модели вообще вряд ли могло бы возникнуть представление о длине. Что уж говорить о менее тривиальных случаях. *Положение стрелки измерительного прибора* приобретает смысл только для того, кто знает, что этот прибор измеряет, то есть владеет соответствующей теоретической моделью. А откуда нам известен, *например, химический состав* далеких звезд? Из спектроскопических наблюдений, которые интерпретируются на основе квантовой теории излучения, знания законов распространения света, устройства телескопа и т. д. Поэтому «реальность» химического состава звезд имеет весьма косвенный характер. Действительно «прямым знанием» мы обладаем только относительно собственных ощущений, и такое непосредственное знание переводится в знания об окружающем мире на основе различных концептуальных моделей этого мира. Так что различие между прямыми и непрямыми наблюдениями провести совсем нелегко. В этом смысле статус реальности Мультиверса мало чем отличается, например, от реальности атомов гелия, входящих в состав звезды Проксимы Центавра, и от многих других объектов, которые наука считает реальными.

Однако одно радикальное предложение для качественного отделения прямых наблюдений от непрямых все же существует[1]. Идея состоит в том, чтобы *прямыми наблюдениями* считать только такие, в которых наблюдается объект, причинно связанный с наблюдателем. Соответственно,

[1] Эта идея была высказана Е. А. Мамчур в частном вопросе, адресованном автору настоящей статьи.

только такие прямо наблюдаемые объекты можно считать вполне реальными. Напротив, сведения, которые мы получаем, хоть и посредством наблюдений, но об объектах, которые не могут быть с нами причинно связаны, но существуют только в рамках теоретической модели, правильно описывающей эти наблюдения, следует считать непрямыми, и не следует придавать таким объектам статуса реально существующих. В этом смысле гелий в Проксиме Центавра является реальным, но Мультиверс и параллельные вселенные не являются реальными, так как, по крайней мере в рамках принятых представлений, с ними невозможна причинная связь.

Такая позиция представляется логически безупречной, но если проводить ее вполне последовательно, то она приводит к весьма маргинальной позиции уже не в отношении Мультиверса, а в отношении нашей собственной Вселенной. Действительно, в соответствии со стандартной космологической моделью, основанной на метрике Фридмана-Робертсона-Уокера, которая прекрасно согласуется с наблюдениями, Вселенная глобально является однородной и изотропной. Однако, если мы будем рассматривать в телескоп области пространства, удаленные от нас на очень большие расстояния (несколько миллиардов световых лет), но связанные с нами причинно, то будем смотреть так же и в далекое прошлое, когда Вселенная была гораздо плотнее (на порядок и более), чем сейчас. Поэтому и увидим Вселенную гораздо более плотную, чем в окрестностях нашей Галактики. «Прямые» наблюдения не покажут никакой однородности. Те же удаленные участки Вселенной, которые соответствуют нашему настоящему и которые действительно имеют такую же плотность, как наши ближайшие окрестности (в соответствие со стандартной космологической моделью), отделены от нас огромными пространственно-подобными интервалами и не являются и никогда не будут с нами причинно связанными, поэтому они

для нас «не существуют», если пользоваться критерием причинности для определения статуса реальности существования объекта. Таким образом, в соответствии с жестким причинным критерием реальности объекта или «прямоты» наблюдения однородность нашей собственной Вселенной не получает статуса реально существующей и, более того, получает статус некоторого принципиально ненаблюдаемого свойства. Такой вывод логически допустим, но практически кажется неприемлемым, чтобы не сказать – абсурдным.

Поэтому причинный критерий «непосредственной наблюдаемости» вряд ли делает Мультиверс менее реальным. По нашему мнению, степень «реальности» Мультиверса определяется пока в основном степенью достоверности космологических моделей, оперирующих этим понятием. По мере того, как точность и глубина космологических наблюдений будут расти, будет меняться наблюдательный статус различных частных космологических моделей. Некоторые модели будут укреплять свои позиции, другие будут исключены и т. д. Синхронно будет меняться и «статус реальности» Мультиверса.

Таким образом, Мультиверс реален в той же степени, в какой реальна крупномасштабная однородность Вселенной стандартной космологии. Различие, конечно, существует в степени обоснованности теоретических моделей, поддерживающих эти понятия, но эти различия не являются такими уж принципиальными.

Можно указать на еще одну полезную аналогию. Многие разделы теоретической физики, включая специальную и общую теорию относительности, да и саму стандартную космологию, рассматривают единый пространственно-временной континуум, заполненный точками-событиями, в котором нет выделенного понятия настоящего, прошлого и будущего. Такое деление существует только по отношению к каждому отдельному событию этого континуума, но все точки-события в континууме равноправны. В этом

смысле, будущее существует столь же реально (или, лучше сказать – актуально), как настоящее или прошлое. Но наблюдатель не имеет причинной связи ни со своим будущим, ни, тем более, с точками континуума, которые навсегда останутся отделены от него пространственно-подобными интервалами. Мультиверс реален для нас в той же степени, как будущее или как пространственно-отделенные точки континуума. Если мы хотим считать такие точки реальными, нет никаких оснований считать нереальным Мультиверс. Но, еще раз повторим, никакая логика не может заставить считать их реальными. Скорее, это вопрос психологического или философского выбора.

Однако возможен и иной поворот событий. Может быть обнаружена возможность реальной причинной (или, в каком-нибудь смысле, обобщенно-причинной) связи между разными «параллельными» вселенными. Например, в контексте классического Мультиверса хаотической инфляции и других подобных концепций за такую причинную связь могут отвечать различные топологические дефекты пространства-времени вроде «кротовых нор[1]»; в контексте квантового эвереттовского Мультиверса рассматривается механизм связи между отдельными ветвями квантовой вселенной, связанный со свойствами (или, лучше сказать, с сущностью) сознания[2], но могут появиться и другие неожиданные идеи или возможности. Если это произойдет, что никак нельзя исключить, то аргумент, связанный с отсутствием причинной связи между параллельными вселенными, перестанет работать, и Мультиверс станет такой же реальностью, как и окружающие нас звезды.

---

[1] *Торн К. С.* Черные дыры и складки времени: Дерзкое наследие Эйнштейна. М., 2007. С. 488–503; *Шацкий А. А., Новиков И. Д., Кардашев Н. С.* 2008. Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной. УФН. Т. 178(5). С. 481–488.

[2] *Менский М. Б.* Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. Фрязино, 2007.

4. Вероятностная интерпретация антропного принципа и перспективы эволюции в нашей Вселенной и в Мультиверсе

Будем далее предполагать реальность Мультиверса в указанном выше смысле. При всем многообразии подходов к концепции Мультиверса[1], почти все они обладают одной общей особенностью. Получается, что отдельных локальных вселенных должно быть чрезвычайно много. Фактически – настолько много, что без большой ошибки можно считать, что их имеется актуально бесконечное количество. Это обстоятельство имеет важное следствие.

Можно ли на множестве локальных вселенных определить распределение вероятностей таких вселенных по их свойствам? Вопрос о возможности определения вероятностной меры на вселенных Мультиверса далеко не тривиален, так как такой мере, во всяком случае, невозможно придать ясного операционального смысла (в отличие от обычной вероятности, апеллирующей к понятию испытания, частоты и т. д.). Будем исходить из интуитивного представления о вероятности, предполагая, что оно может быть уточнено в рамках теории Мультиверса. Если существует нечто вроде непрерывного распределения вероятностей по различным типам вселенных в Мультиверсе (что разумно предполагать), и если хотя бы со сколь угодно малой вероятностью на какой-нибудь локальной вселенной может реализоваться некоторое интересное свойство, то оно обязательно будет реализовано где-то в Мультиверсе, причем много раз. Это следует из «актуальной бесконечности» числа вселенных в Мультиверсе, о чем мы упомянули

[1] *Тегмарк М.* 2003. Параллельные вселенные // *В мире науки.* № 8. С. 23–33.

выше. Запомним этот важный вывод, сейчас нам придется им воспользоваться.

На пути от первичной плазмы Большого взрыва к разуму в нашей Вселенной мы имеем довольно длинную цепочку качественно различных ступеней эволюции материи. Априори ниоткуда не следует, что эта цепочка принципиально качественно ограничена тем состоянием дел, которое мы сейчас наблюдаем на планете Земля и в обозримых окрестностях. С чего бы? Более того, примерно так, как на некотором этапе химическая эволюция породила жизнь, а эволюция жизни породила разум, невозможно исключить, что на пути дальнейшего прогрессивного развития разум породит какие-то настолько продвинутые формы существования материи, которые и разумом-то назвать нельзя. Мы подробно писали об этом[1], поэтому здесь не будем останавливаться на деталях этой интересной темы. Важно, что если такие сценарии принципиально возможны, даже с исчезающе малой вероятностью, то они обязательно реализуются где-то в Мультиверсе. Вопрос, которого мы хотим коснуться здесь, состоит в следующем: что можно сказать о возможности реализации подобного сценария именно в нашей Вселенной?

При обсуждении этого вопроса мы сначала будем исходить из рассмотренного ниже индуктивного рассуждения, которое приведем не со всей необходимой детальностью, а, скорее, в виде некоторой возможной исследовательской программы. Для того, чтобы такую программу «довести до ума», требуется еще много работы.

Как уже упоминалось, для того, чтобы во Вселенной могли образоваться сложные формы материи, фундамен-

[1] *Панов А. Д.* Разум как промежуточное звено эволюции материи и программа SETI. Философские науки. № 9, 2003. С. 126–144; *Панов А. Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М., 2008.

тальные физические постоянные должны иметь очень специальные значения. При этом, чем дальше может зайти эволюция в сторону усложнения материи, тем более точная настройка физических постоянных для этого требуется. Строго говоря, это утверждение требует детального количественного исследования, но в общих чертах оно представляется довольно ясным. Действительно, для того, чтобы могли образоваться составные частицы вроде протонов и нейтронов, не требуется тонкая настройка массы протона и нейтрона, необходимая для образования стабильных атомов водорода. Для того, чтобы могли образоваться стабильные атомы водорода, не требуется дополнительная тонкая настройка, благодаря которой ядро углерода-12 имеет возбужденное состояние с энергией 7,65 МэВ, позволяющее в звездах нарабатываться тяжелым химическим элементам. И так далее (детали, относящиеся к предбиологической, биологической и т. д. эволюции не совсем ясны, этот вопрос требует изучения). Таким образом, чем «хуже» настроены физические постоянные, тем раньше обрывается прогрессивная эволюция. Это более или менее понятно для относительно невысоких ступеней неорганической эволюции (см. примеры, приведенные выше). Наше *индуктивное предположение* состоит в том, что это также справедливо *для сколь угодно высоких ступеней организации материи.* Таким образом, чем выше уровень организации материи, который может быть достигнут в некоторой локальной вселенной, тем более специальными физическими условиями должна обладать такая вселенная, и тем меньше вероятность появления такой вселенной в Мультиверсе.

Теперь снова обратимся к факту «тонкой настройки» фундаментальных постоянных в нашей Вселенной. Естественно считать, что распределение вероятностей по типам локальных вселенных соответствует некоторому распределению вероятностей на множестве фундаментальных физических постоянных. Если предполагать, что разные на-

боры постоянных реализуются с близкими по порядку величины плотностями вероятности (что выглядит вполне разумно), то факт тонкой настройки означает, что наш набор постоянных принадлежит очень узкому специальному подмножеству пространства параметров (фундаментальных постоянных), которому соответствует очень маленькая вероятность реализации. Наше подмножество сильно выделено среди всего пространства параметров, поэтому нашу Вселенную можно рассматривать как редкую флуктуацию на фоне всех других вселенных. Трудно не заметить, что это отдаленно напоминает старую идею Людвига Больцмана, согласно которой вся наша видимая Вселенная является гигантской статистической флуктуацией на фоне необозримого пространства, находящегося в состоянии тепловой смерти – термодинамического равновесия[1].

Аналогия эта, конечно, далеко не полная, но полезная. Продолжая эту аналогию, рассмотрим обыкновенную крупную статистическую флуктуацию, например – локальную флуктуацию плотности в сосуде с газом. Чем больше амплитуда флуктуации, тем реже такая флуктуация встречается, тем меньше ее вероятность. Если в некоторый момент времени мы обнаружили очень большую флуктуацию, то почти наверняка мы обнаружили эту флуктуацию вблизи максимума ее амплитуды, и в следующий момент времени флуктуация начнет убывать. Крайне маловероятно, что мы на самом деле застали еще бóльшую флуктуацию на стадии роста. Скорее всего то, что мы обнаружили, близко к максимуму того, что данная флуктуация может достигнуть. Обратное также возможно, но крайне маловероятно.

Аналогичное рассуждение справедливо и в отношении нашей Вселенной. Поскольку наша Вселенная, как это не-

[1] *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 176.

посредственно наблюдается по степени тонкой настройки ее параметров, уже является редкой флуктуацией в Мультиверсе, трудно предполагать, что на самом деле она принадлежит множеству еще более редких флуктуаций, чем это непосредственно следует из наблюдений. На первый взгляд это означает, что та фаза эволюции материи, свидетелями которой мы являемся, близка к потолку, который может быть достигнут в нашей Вселенной. Это соответствует ожиданию, что если мы обнаружили очень крупную флуктуацию в сосуде с газом, то скорее всего мы застали ее в максимуме амплитуды.

Однако это рассуждение требует уточнений. Дело в том, что условия в нашей собственной Вселенной не являются постоянными. Например, очень существенно, что в нашей Вселенной со временем становится все больше тяжелых элементов, которые нарабатываются в ходе эволюции звезд. Так как рост количества тяжелых элементов благоприятствует образованию планет земного типа у звезд новых поколений, то и появление жизни и разума будет все более и более частым явлением. По этой причине средние расстояния между населенными планетами и разумными цивилизациями со временем будут уменьшаться, и им все проще и проще будет установить контакты. Взаимные контакты же – это как раз то, что может способствовать переходу эволюции к стадиям, которые в определенном смысле качественно превышают ту фазу организации материи, которая называется разумной жизнью. Мы детально обсуждали эти вопросы в книге[1] (см. также статью[2]). Поэтому вывод, сформулированный в предыдущем абзаце, следовало бы уточнить следующим образом. Та фаза эволюции

---

[1] *Панов А. Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М., 2008.

[2] *Панов А. Д.* Разум как промежуточное звено эволюции материи и программа SETI. Философские науки. № 9, 2003. С. 126–144.

материи, свидетелями которой мы являемся, соответствует состоянию, которое может быть достигнуто в нашей Вселенной *в современную эпоху*[1], но этот уровень может быть существенно превзойден в отдаленном будущем (через сотни миллиардов лет), когда Вселенная станет богаче тяжелыми элементами и планетами Земного типа. Но тот максимум эволюции, который вообще может быть достигнут в нашей Вселенной когда-либо, за все время ее существования, с наибольшей вероятностью не является максимумом, который существует во всем Мультиверсе. Здесь работает прямая аналогия со статистической флуктуацией в сосуде с газом. Иными словами, возможно, мы живем не в самые лучшие для разума времена нашей Вселенной, а наша Вселенная, скорее всего, не является «лучшим из миров» в Мультиверсе.

Но наше предположение о том, что точность настройки констант определяет максимальный уровень, который может быть достигнут эволюцией, для сколь угодно высоких уровней эволюции, может быть и неверным. Альтернативой может быть следующее. Если в некоторой локальной вселенной достигается определенный пороговый уровень организации материи T_0, то дальнейшая более тонкая настройка параметров вселенной становится несущественной. Возникает некоторая положительная обратная связь, которая позволяет «разуму» обойти все физические ограничения, связанные с конкретным набором параметров вселенной, и породить цепочку форм организации материи, которая достигает максимума, примерно одинакового во всем Мультиверсе, или вообще не имеющую никакого максимума.

---

[1] Стоит заметить, что мы, возможно, пока не вполне информированы о том, что действительно смогла достигнуть эволюция в нашей Вселенной в современную эпоху. Однако, всю принципиально доступную информацию об этом человечество сможет получить за исчезающе малое по космологическим масштабам время.

Верно ли индуктивное предположение о степени подстройки параметров и пределах эволюции, или верна его альтернатива, предполагающая существование порога T_0 и всепобеждающей положительной обратной связи? Может быть, работают какие-то промежуточные сценарии? Это неизвестно, но представляется, что все эти возможности задают некоторые рамки для обсуждения существования очень продвинутых эволюционных форм в нашей собственной Вселенной или в Мультиверсе.

Может показаться, что все эти рассуждения несколько оторваны от жизни – что-то уж слишком велики масштабы. Не витаем ли мы в облаках? На это еще раз заметим, что все, что хотя бы в принципе может реализоваться со сколь угодно малой вероятностью, обязательно должно актуально существовать где-то в бесконечном Мультиверсе. Поэтому вопрос о том, каких в принципе высот может достигнуть эволюция, не является праздным, так как речь идет, возможно (и даже скорее всего), об актуально существующих вещах. Статус их «актуального существования», как минимум, тот же, что и статус реальности самого Мультиверса. Если мы принимаем всерьез Мультиверс, то приходится иметь в виду и возможность фантастической высоты, которой где-нибудь в Мультиверсе может достигнуть эволюция. Это ставит неизбежный вопрос о возможной связи этих фантастических высот эволюции со структурой самого Мультиверса.

3. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

Я.В. Тарароев

СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ: ОТ УНИВЕРСУМА К МУЛЬТИВЕРСУ

Ретроспективно рассматривая историю развития космологии от мифа и античности до релятивистской космологической парадигмы, можно констатировать, что, несмотря на содержательное отличие друг от друга различных космологических концепций, всем им было присуще одно свойство, на обобщении которого и был сформулирован ещё один, уже не собственно космологический, а скорее философско-космологический концепт, который может быть назван «Универсумом». Его суть заключается в том, что космос, даже вне зависимости от того, конечен он или бесконечен в пространстве, представлялся единственным и неповторимым, «вбирающим» в себя все потенциальные и актуальные формы материи. Физическая реальность космоса во всех космологических концепциях представлялась онтологически универсальной в том смысле, что никаких форм и видов материи вне космоса не существовало. В случае пространственно конечной Вселенной все чувственно воспринимаемые типы реальности находились «внутри» её[1]. Даже в релятивистской космологии, где закрытая модель не имела границ, объем Вселенной был конечен и вопрос о физической реальности вне этого объёма

[1] Исключение может составить только космология Платона и его теория идей, интерпретацию которых см. Тарароев Я.В. Современная космология – возвращение к Платону? // Академия – 2006. № 6. С. 205–213.

считался некорректным. Как отмечал один из крупнейших астрофизиков XX столетия И.С. Шкловский: «...если Вселенная замкнута, то что же находится за её пределами? Конечно, можно было бы представить себе и другие Вселенные, более или менее сходные с нашей, если бы Мир (или «Сверхвселенная») был многообразием пяти или большего количества измерений. Нет, однако, никаких серьёзных оснований в пользу этого произвольного предположения...»[1]. В случае пространственно бесконечной Вселенной концепт Универсума предполагал, что космос пространственно однороден, и мы наблюдаем типичную часть Вселенной. Таким образом, в содержании понятия «Универсум» с необходимостью присутствовали качества, которые можно охарактеризовать, как «единственность» и «однородность», некая «монолитность» и «универсальность» физических форм бытия.

Инфляционная парадигма нарушила эту многотысячелетнюю традицию. Действительно, реализация инфляционного сценария, т.е. раздувание пространства Вселенной на самых ранних этапах её эволюции, требует того, чтобы подобное событие происходило не однажды и не единственный раз. В теории хаотической инфляции А.Д. Линде стремительно расширяется не один пространственно временной пузырёк планковских размеров, раздувание пространства происходит везде, по всему «объёму»[2] высокоэнергетического физического вакуума, где для этого случайным образом появляются необходимые условия. Те из пузырьков, где подобные условия появились, раздуваясь, рождают собой новые вселенные, одной из которых есть

[1] *Шкловский И.С.* Вселенная. Жизнь. Разум. 6-е. изд., доп. М., 1987. 320 с. С. 95.

[2] Следует понимать, что пространство-время высокоэнергетического физического вакуума «находится» в квантовом состоянии и представляет собой квантовую пространственно-временную «пену», «локализованную» на множество пузырьков планковских размеров.

наша. Причём, свойства и характеристики физической реальности «внутри» этого пузырька (а значит и свойства каждой из вселенных) определяются случайным образом квантовыми характеристиками пузырька на момент начала раздувания. Эти характеристики могут быть совершенно разными для каждого из пузырьков планковского размера, и именно эта неоднородность высокоэнергетического физического вакуума, выраженная, в том числе, и в квантовом характере пространственно-временных характеристик, является основой мультиверсального представления мира в целом. Раздувающиеся пузырьки (вселенные) могут, согласно А.Д. Линде, иметь различные виды и типы элементарных носителей полей и элементарных частиц вещества (а значит и другие типы и виды более высокоорганизованной материи или же не иметь таковой вообще), другие пространственные и временные характеристики (например, размерность пространства-времени может быть не как в нашей Вселенной 3+1 (3 пространственных компоненты, а 1 – временная), а допустим 3+3 или 1+3). Можно сделать предположения, что эти другие вселенные могут отличаться от нашей более кардинальным образом. Кроме вещества и поля (или вместо них) они могут состоять из других, совершенно не ведомых нам форм материи, соответственно, и описываться не пространственно-временными, а ещё более общими характеристиками, для которых пространство и время выступает частным случаем. При этом не исключено, что эти иные вселенные могут характеризовать не пространственно-временные, а иные, равнозначные и соподчинённые им параметры.

Все эти вселенные, вместе с нашей, существуют не потенциально, а актуально, и с точки зрения онтологии являются такими же элементами реальности, как и чувственно воспринимаемая нами Вселенная. Нельзя исключить, что они смогут быть восприняты нашими органами чувств, однако способности последних слишком ограничены, чтобы

мы могли говорить об этом всерьёз. Впрочем, даже по имеющимся эмпирическим данным, в частности, по наблюдениям анизотропии реликтового излучения делаются попытки каким-либо образом получить количественные характеристики Мультиверса[1]. Однако эти попытки ещё слишком просты по итоговым результатам. Концепция Мультиверса в этом смысле опирается на весьма скудную опосредованную эмпирическую базу и является теоретическим концептом, а не эмпирической данностью. Эта неординарная, по крайней мере, для предшествующей физики, ситуация стала объектом пристального анализа и исследования не только и не столько философов, сколько самих творцов мультиверсальной картины мира – космологов и физиков, подталкивая их к достаточно интересным, а порой и радикальным философским следствиям. Наиболее фундаментальные проблемы, возникающие в связи с мультиверсальным представлением мира, традиционно могут быть отнесены к двум наиболее значимым разделам философии: гносеологии (и отчасти методологии) и онтологии. Гносеологическо–методологический аспект рассматривает процесс познания, решая проблему его развития в отсутствии *непосредственных* эмпирических данных[2]. Онтологическая составляющая мультиверсальной проблемы связана с постановкой вопроса об основах физической реальности. В качестве примера решения этого вопроса можно указать подход М. Тегмарка[3], в котором оно (решение) определяется в контексте ещё античного спора Платона и Аристотеля о значимости чувственных составляющих окружающей нас реальности. Концепция М. Тегмарка, разрабатываемая им

---

[1] *Douglas Scott and J. P. Zibin.* How Many Universes Do There Need To Be? // arXiv:astro-ph/0605709 v1

[2] См., например, *J. Garriga and A. Vilenkin.* Prediction and explanation in the multiverse // arXiv:hep-th/0711.2559 v3

[3] См. *Max Tegmark.* Parallel Universes // arXiv:astro-ph/0302131 v1, Max Tegmark The Mathematical Universe // arXiv:gr-qc/0704.0646 v2

на основании мультиверсальной картины мира, «реабилитирует» платонизм в его традиционном классическом понимании как примат «вне, сверхчувственного» над «чувственным», и соответственно рассмотрение идеальных логических и математических конструкций как «порождающих моделей» мира в целом. Кроме того, достаточно широкое развитие и освещение в контексте мультиверсальных космологических представлений получила тема антропного принципа[1]. Как самостоятельная проблема она была сформулирована ещё во второй половине XX столетия, до возникновения и инфляционной космологии, и мультиверсальной картины мира, но именно в них она нашла свое «физическое решение».

Космологическая картина множественности вселенных, возникающих из первичного высокоэнергетического физического вакуума, физические основы которой были заложены в 80-х годах XX столетия, в смысле описания реальности как множества имела более ранний «прообраз». Его появление связано с квантовой механикой, а само представление о множественности реальностей получило название «многомировая интерпретация квантовой механики». Её суть заключена в том, что её авторы, Эверет и Уилер, предлагают[2] решение проблемы редукции волновой функции путём элементарного отказа от самого феномена редукции. Суперпозиция волновой функции $\Psi(x)=\Psi_1(x)+$ $+\Psi_2(x)+...+\Psi_k(x)$ описывает не *потенциальные*, а *акту-*

---

[1] См., например, *Frank J.* Tipler Intelligent Life in Cosmology // arXiv:physics.pop-ph/0704.0058v1, Steven Weinberg Living in the Multiverse // arXiv:hep-th/0511037 v1, P.C.W. Davies How bio-friendly is the universe? // arXiv:astro-ph/0403050, Berndt Müller The Anthropic Principle Revisited // arXiv:astro-ph/0108259 v2 и др.

[2] См., например, *Менский М.Б.* Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов // Успехи физических наук, 2000. Т. 170. № 6. С. 632–648.

альные состояния. Иными словами, каждая волновая функция $\Psi_i(x)$ описывает свою, отдельную, вполне актуально существующую вселенную. Сама же редукция волновой функции (т.е. акт измерения) означает, что наблюдатель обнаружил себя в одной из эверетовских вселенных, тогда как другие вселенные остались без него. Таким образом, многомировая интерпретация отказывается от одного из основных положений квантовой механики – о потенциальном существовании квантовых объектов в форме потенциального многообразия состояний и актуализации одного из них в акте измерения. Взамен этого она утверждает положение об актуальном существовании многообразия состояний и переход к эмпирическому восприятию одного из них в процедуре измерения. Каждый акт измерения выявляет свой пласт новых вселенных. Слабость этой концепции заключается в том, что она не даёт ответа на вопрос: «Как данный наблюдатель оказался в данном эверетовском мире?», т.е. каков механизм «переноса» в акте измерения наблюдателя из одной вселенной в другую. Однако, несмотря на это, многомировая интерпретация квантовой механики привлекает к себе внимание и имеет своих сторонников[1]. Очевидно, что многомировую интерпретацию квантовой механики действительно можно назвать «прообразом» мультиверсальной картины мира, поскольку она носит логически-объясняющий характер, постулируя идею множественности физической реальности, но не предлагая никаких, кроме описания при помощи вероятности, физических механизмов описания и «функционирования» этой множе-

[1] *Менский М.Б.* Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов // Успехи физических наук, 2000. Т. 170. № 6. С. 632–648. Отклики читателей на статью М.Б. Менского «Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов» // Успехи физических наук, 2001. Т. 171. № 4. С. 437–462.

ственности. «Обобщённая» физическая реальность[1], описываемая теорией Мультиверса (частным случаем которой является наша и другие вселенные), для своего описания требует нового языка и генезиса новых физических концептов. Процессы инфляции (раздувания пузырей (они же домены)), процессы их рождения, «формирование» физических и геометрических свойств вселенных есть, прежде всего, процессы, происходящие на уровне микромира – на планковских масштабах, причём, с огромными энергиями. Квантовая механика не может в полной мере выполнить эти задачи, поскольку её эмпирическая составляющая и её теоретический аппарат были сформированы для физических процессов, происходящих на бóльших масштабах и с меньшими энергиями.

Основным «претендентом» на описание такой «интегрированной физической реальности» как оснований физического мира является теория струн/М-теория.

В своём интервью[2] российскому сайту «Элементы» Дэвид Гросс говорит о том, что современные тенденции дальнейшего развития теории струн ведут к генезису принципиально нового обобщённого физического концепта, для которого концепт пространства-времени будет производным, частным. «Переходной формой» (в логико-содержательном смысле) от этого «обобщённого концепта» к современному физическому представлению четырёхмерного пространства-времени нашей Вселенной, воспринимаемого нашими органами чувств, является многомерное пространство-время теории струн/М-теории, так называемое пространство Калаби–Яу. В настоящий момент именно много-

[1] По аналогии с микромиром, макромиром и мегамиром этот тип физической реальности предлагается назвать гигамиром – см. Тарароев Я.В. Проблема понятия «Вселенная» в квантовой космологии // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія: Теорія культури та філософія науки - 2003. №587. С. 17–19.

[2] http://elementy.ru/lib/430177

мерное пространство-время, как уже достаточно разработанный физический концепт, «несёт ответственность» за «реализацию» в современной физике и космологии принципов мультиверсальности, т.е. представление физической реальности как качественного многообразия форм и видов материи.

Проблема редукции (сведения) многомерной физической реальности к четырёхмерному пространству-времени (очевидно, что на языке космологии эта проблема интерпретируется как проблема возникновения *нашей* Вселенной) сложна не только в аспекте своего математического формализма, но и в смысловом и содержательным аспектах. На первых этапах своего развития и становления теория струн/М-теория предполагали, что в процессе возникновения нашей Вселенной дополнительные размерности пространства-времени компактифицировались, т.е. замыкались сами на себя, «сворачивались в трубочку» с радиусом, порядка планковских (10^{-33}) масштабов. Однако, как отмечает в вышеупомянутом интервью Д. Гросс, в последнее время было высказано предположение, что дополнительные измерения могут быть макро- и мегаскопическими, и находятся вне наших эмпирических возможностей только потому, что мы сами существуем на четырёхмерной бране, которую можно рассматривать как «сечение» пространства-времени более высоких размерностей.

Описание возникновения этого «сечения», а равно как компактификации остальных, бóльших, чем 4 размерностей пространства-времени, также сталкивается с идеей множественности, или качественного многообразия физических форм объективной реальности и вновь «выходит» на антропную тематику (хотя значительная часть специалистов, в том числе и Д. Гросс, с таким подходом не согласны). Проблема теории струн/М-теории заключается в том, что существует порядка $10^{100} \div 10^{1000}$ возможных вариантов перехода от многомерия к четырёхмерию, в том

числе и вариантов компактификации[1]. Каждому варианту перехода (метастабильному ложному вакууму) соответствует свой мир, эквивалентный в концепции мультиверсума отдельной вселенной, «пузырю» пространства-времени, имеющий свои физические формы материи, свои физические и геометрические законы и т.п. По крайней мере, на современном этапе развития теории струн/М-теории не существует *однозначного* теоретического механизма сведения многомерной физической струнной реальности к наблюдаемым нами физическим чувственным формам материи и пространства-времени. В силу этого сторонниками антропного решения этой проблемы утверждается, что множество метастабильных ложных вакуумов (множество миров) существуют актуально, а мы живём в одном из них, поскольку его свойства благоприятны для нашего существования. С лёгкой руки Л. Сасскинда эта проблема получила название «проблема ландшафта» теории струн/М-теории. Под «ландшафтом» здесь понимается[2] совокупность всех возможных четырёхмерных[3] миров (вселенных пузырей). Спор, который возник в связи с этой проблемой среди

---

[1] В терминологии теории струн/М-теории речь идёт о таком большом количестве так называемых метастабильных ложных вакуумов с положительной космологической постоянной Λ.

[2] Как отмечает сам Сасскинд, зависимость потенциала от скалярного поля в этом случае графически будет представлять собой «гористую местность», которая заполнена «горами» (максимумами) и «впадинами» (минимумами). Каждой «впадине» (локальному минимуму потенциала) соответствует свой мир (пузырь), поэтому вся эта «картина» и названа ландшафтом. См. L. Susskind The Anthropic Landscape of String Theory // arXiv:hep-th/0302219v1. С. 1–2.

[3] Проблема ландшафта не учитывает возможность редукции многомерной физической реальности к физической реальности меньшего, но не равного четырём количества размерностей, поскольку такая реальность не дана нам в чувственном опыте. Однако в контексте антропного решения проблемы ландшафта такой подход также представляет теоретический интерес.

специалистов, носит скорее методологический (с оттенком онтологии) характер и касается того, существует ли актуально или нет множество метастабильных вакуумов (миров), и если да, то достаточно или нет антропного объяснения, который и предложил Сасскинд, для решения этой проблемы. Перспективы этого спора сейчас не берется предсказать никто, поскольку, как отмечает тот же Д. Гросс, теория струн/М-теория ещё очень далека от своего завершения, в том числе и в своих космологических приложениях, однако сам факт его наличия говорит о том, во-первых, что идея множественности представлений физической реальности или мультиверсальности проникает в самую основу физического знания[1], и, во-вторых, «наличие» антропного объяснения в космологии и связанной с ней теории струн/М-теории, проблема наблюдателя в квантовой физике, проблема операциональных измерений в ОТО и СТО говорят о том, что физическое знание приобретает всё более заметную «антропологическую составляющую», вне которой физико-космологическое знание не может в полной мере раскрыть своё научное содержание. Впрочем, анализ собственно антропного принципа – тема отдельной работы[2], а сейчас кратко подведём итоги становления и развития космологических концептов – космос, Вселенная, мир в науке XX и XXI столетий.

Рассматривая концепт космоса, Вселенной и мира в целом, которые в представлении универсума в значительной степени отождествлялись, можно, по нашему мнению, констатировать, что со времён античности и вплоть до XX сто-

[1] Насколько оно там приживётся – покажет время.

[2] Классификацию, историю становления и логику развития антропных представлений в космологии см., например, *Казютинский В.В.* Антропный принцип в научной картине мира // Астрономия и современная картина мира. М., 1996. С. 144–182.

летия этот концепт формировался, исходя из непосредственной чувственной данности, наполняясь, по мере развития науки, новыми содержательными чертами. Говоря языком формальной логики, космос как объект исследования и анализа, а значит, как логический субъект S, был дан нам, прежде всего, чувственно, и уже при помощи теоретических и эмпирических исследований мы раскрывали его содержание. С этой точки зрения Вселенную, как единое целое, можно было рассматривать как субстанцию, как аристотелевскую *«вещь»*, данную нам, прежде всего, непосредственно чувственно. Такой подход в космологии целиком и полностью укладывался в субстанциональную онтологическую схему оснований физических знаний[1], в которой субстанция (логический субъект S) раскладывалась в предикативный ряд $S=\sum P_i$, причём P_i могли носить как эмпирический, так и теоретический характер. Одним из теоретических предикатов можно назвать принцип, называемый принципом Бруно, а также космологическим принципом. Согласно этому принципу, Вселенная, вне зависимости от местоположения наблюдателя, везде одна и та же. В ней не существует «особых мест», из которых картина мира «виделась» бы принципиально иной, чем из других. Легко понять, что такой подход и лежит в основе концепции универсума (за исключением античной концепции конечного космоса), и предполагает собой представление об однородности и изотропии Вселенной.

Ситуация существенным образом изменилась с возникновением и развитием релятивистской космологии. И хотя стационарная модель Эйнштейна, модели де Ситтера и Фридмана строились, исходя из предположения об однородности и изотропии пространства Вселенной, и охватывали собой наблюдаемую часть Вселенной (Метагалактику), причем предполагалось, что ненаблюдаемая часть то-

[1] См. *Тарароев Я.В.* О двух онтологических концепциях в основании физического знания // Вопросы философии, 2008. № 12. С. 104–115.

ждественна наблюдаемой, проблемы релятивистской космологии, о которых говорилось выше, показали неэффективность и исчерпаемость такого подхода. Выйдя далеко за рамки непосредственных чувственных данных, мы тем самым теряем субстанциональность Вселенной и её целостную чувственную данность. Теперь объекты исследования S не даны нам непосредственно, и задачей исследования не является их разложение $S = \sum P_i$. С приходом и утверждением инфляционной парадигмы мы вынуждены *конструировать* космологические концепты из имеющихся в нашем распоряжении чувственных и теоретических предикатов согласно закону $S = f(P_j)$. При этом функция f играет ту же роль, которую она играет и в сугубо физических концептах, подразумевая, прежде всего логические нормы, правила и принципы. В космологии, опирающейся на астрономические наблюдения, которые, в отличие от микромира, недостаточно «удалены» от повседневного человеческого опыта, в котором и «работает» логика Аристотеля, на современном этапе в генезисе основных космологических концептов, по крайней мере, до настоящего времени под функцией f можно понимать те же логические законы, которые использовались и при разложении в предикативный ряд в предшествующей онтологической парадигме. Однако переход от одной парадигмы к другой всё-таки имел последствия, которые заключались в разведении понятий «космос», «Вселенная», «мир». Каждое из них сконструировано из своих предикатов. Понятие «космос» после начала космической эры носит, в основном, прикладной характер, и под ним понимается та внеземная реальность, которую человек *практически* познает и осваивает в процессе своей жизнедеятельности. Понятия «ближний космос», «дальний космос», «открытый космос» как раз и характеризуют такое его понимание.

Понятие «Вселенная» отождествляется с нашим пузырём или доменом – областью пространства, которая имеет

те же физические и пространственно-временные характеристики, что и непосредственно наблюдаемая нами область. Тёмная энергия, скрытая масса, относительная плотность, постоянная Хаббла, микроволновое излучение, инфляционное расширение и другое – вот те предикаты, из которых сконструирован данный концепт. Они носят как теоретический, так и эмпирический характер. Понятие Вселенной в этом смысле зависит от них функционально, и в случае каких-либо трансформаций в них изменяется и представление о Вселенной в целом. Так было, например, с открытием тёмной энергии, которое существенным образом заставило пересмотреть концепцию Вселенной. Собственно, это уже было очевидно в релятивистской космологии, где значение средней плотности определяло модель Вселенной в целом. В настоящее время количество таких параметров увеличилось (появилась, например, зависимость модели Вселенной от параметров микроволнового фона), и концепт «Вселенная в целом» стал функцией многих переменных.

Понятие «мир в целом» в связи с развитием мультиверсальных представлений также претерпело существенные трансформации. Оно приняло разные формы (например, гиго-мир, мультиверсум), однако единого общепринятого термина, описывающего эту реальность, ещё нет. В отличие от понятий «космос» и «Вселенная» этот концепт целиком и полностью «вошел» во «внеэмпирическую область», и предикаты, от которых он функционально зависит, в подавляющем большинстве носят теоретический характер. В силу специфики этого понятия, которое, «интегрируя», охватывает собой все мыслимые (и даже не мыслимые) формы физической реальности, в будущем вполне может возникнуть вопрос о пересмотре вида функции f и постановке вопроса о необходимости введения в рассмотрение новых типов и видов логик, отличных от логики Аристотеля именно в контексте развития представлений о мире в целом. Однако это ещё весьма отдалённые перспективы.

Г.М. Верешков, Л.А. Минасян

ПОНЯТИЕ ВАКУУМА И ЭВОЛЮЦИЯ РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Понятие «вакуум»: история и современность

Вакуум в переводе с латинского означает «пустота». Впервые «пустота» как научный термин, используемый для построения картины мироздания, появляется у Левкиппа и Демокрита. «Пустота» входит в их учение наряду с атомами в качестве первопричины всего сущего. Вычленение понятия «пустота» в качестве основного термина демокритовской физики служит, прежде всего, попытке решения проблем, выдвинутых элейской школой философов. Известно, что большинство древнегреческих мыслителей в своих учениях пустоту отрицали. В их ряду пифагорейцы, Эмпедокл, Анаксагор, Платон, Аристотель, их последователи и ученики. Между тем, следует признать существенную роль этого понятия при формировании концептуальных основ физической науки. Так, признание Галилеем существования пустоты позволило объяснить равные скорости падения различных тел при мысленном устранении сопротивления среды, то есть при рассмотрении движения тел именно в пустоте. Представление о пустоте явилось также физической предпосылкой теории инерционного движения. Вопрос о существовании пустоты в природе стал при формировании физики как науки не просто предметом предпочтений или вкуса отдельных выдающихся мыслителей, а явился одним из тех положений, на осно-

вании которых и воздвигалось здание ньютоновской механики.

История развития понятия «вакуум» такова, что его содержательное, смысловое наполнение постоянно шло в противостоянии с представлениями об эфире. С самого своего возникновения эти понятия соответствовали различным концепциям мира. Характерно, что представление об эфире, начиная с учения пифагорейцев (Филолай) и по сей день, никогда не устранялось из физической науки. И даже во времена господства ньютоновской физики, отстоявшей в полемике с картезианской школой Декарта идею пустого абсолютного пространства и дальнодействия, развивается представление о поле как континуалистской среде, которую и Фарадей, и Максвелл рассматривали как колебания эфира. Абсолютное пространство и абсолютное время предстает в механике Ньютона как нечто, отличное от материи и, бесспорно, противоположное эфиру. Однако впоследствии этим понятиям предстояло возродиться в теориях, исходивших как раз из представлений о неподвижном эфире (имеется в виду лоренцева привилегированная система отсчета). Так что наука удерживала оба понятия – и понятие пустого пространства, и понятие эфира, вплоть до возникновения физики XX века, – возникновения специальной и общей теории относительности. Развитие этих теорий, а также квантовой теории поля привели к отрицанию эфира и наполнили новым содержанием понятие вакуума. Сегодня мы можем констатировать острейшую концептуальную коллизию: вакуум в современной физической теории более соответствует семантическому содержанию термина «эфир», ибо представляет собой не Ничто, не пустоту, а весьма загадочное, сложное, энергетически насыщенное Нечто. Об этом и пойдет речь в настоящей статье. Но прежде нам хочется привести хорошо известное в среде физиков высказывание, сделанное академиком И.Я. Померанчуком. На вопрос о том, что есть

вакуум, он отвечал так: «Физика вакуума состоит из двух разделов: раздел 1 – “Насосы и компрессоры”, раздел 2 – “Квантовая теория поля”». Действительно, нельзя не сказать о том, что прошлый век охарактеризован не только невиданным взлетом теоретической мысли, но и бурным развитием прикладной науки и техники. И понятие вакуума как состояния разреженного газа при давлениях ниже атмосферного занимает свое прочное место в технике. В принципе, особых уточнений или расширений смысла технического вакуума в истории науки не произошло. Поиному обстоит дело в представлении о вакууме в квантовой теории физических полей.

Вплоть до тридцатых годов прошлого столетия во всех физических справочниках можно было прочитать, что физика изучает материю в двух проявлениях – веществе и поле. Поле понималось при этом как пустая континуалистская среда. Важный вклад П. Дирака в развитие квантовой теории состоит в том, что он разработал последовательные правила квантования электромагнитного и электрон-позитронного полей. В квантовой электродинамике впервые были сформулированы представления о виртуальных частицах, о сложности вакуума квантовой теории поля. Вакуум стал рассматриваться как наинизшее энергетическое состояние квантованных полей, а его возбуждения стали интерпретироваться как кванты полей. Подразумевалось, что наинизшему энергетическому состоянию соответствует состояние, в котором реальных частиц нет. (Реальными частицами считаются объекты, способные к перемещению на макроскопические расстояния). Так что вакуум в общепринятом смысле понимался хотя и как «Нечто», но все-таки и как «Ничто». В целом же он представляет собой активную среду, в которой постоянно происходят процессы рождения и аннигиляции всевозможных виртуальных частиц. Еще один важный результат теории Дирака состоит в предсказании античастиц. Таким образом, с тридцатых

годов XX века на место континуалистского поля приходит представление о поле квантованном. Кроме того, понятие поля стало использоваться не только для описания процессов физических взаимодействий, но и для описания частиц вещества. Поля первого типа получили название «бозонные поля», а поля второго типа – «фермионные поля». В названиях полей отражен тот факт, что различные частицы – кванты различных полей – подчиняются разным квантовым статистикам и ведут себя различным образом. Так, кванты фермионных полей являются ферми-частицами (фермионами). Системы тождественных ферми-частиц подчиняются статистике Ферми-Дирака. Все фермионы имеют полуцелое значение спина. А для частиц с полуцелым значением спина справедлив принцип запрета Паули, согласно которому две тождественные частицы с полуцелым спином не могут находиться в одном и том же состоянии. Принцип Паули определяет образование электронных оболочек в атомах, поскольку в одном и том же состоянии на одном подуровне могут находиться только два электрона с противоположными спинами, что определяет закономерности периодической системы элементов Менделеева. В чем-то аналогичные закономерности проявляются в структуре атомных ядер (связанных состояний протонов и нейтронов) и в структуре адронов (связанных состояний кварков). Все кванты бозонных полей являются бозе-частицами (бозонами) – частицами с целочисленным значением спина. Системы тождественных бозе-частиц подчиняются статистике Бозе-Эйнштейна. Принцип Паули для них не имеет места: в одном и том же состоянии может находиться любое число квантов бозонных полей.

Современная квантовая физика приводит к уточнению понятия вакуума. Дело в том, что кванты фермионных и бозонных полей, свойством которых является их способность распространяться на макроскопические расстояния, трактуются как возбуждения вакуума. Под вакуумом же

принято понимать такое состояние среды, в которых такие возбуждения отсутствуют. Можно дать следующее определение вакуума: «Вакуум – это среда, имеющая собственные импульсно-энергетические характеристики, способная изменять свое состояние как локально (что может быть зафиксировано, например, с помощью экспериментов на коллайдере), так и глобально, что определяет особенности релятивистских фазовых переходов на ранних этапах эволюции Вселенной (космологический аспект)».

Предполагается, что мир может быть рассмотрен как взаимодействие и взаимопревращение двух подсистем, одна из которых представляет собой собственно вакуум, а другая – возбуждения этого вакуума. Такой подход позволяет провести разделение единой целостности на микромир и макрообстановку, что составляет существо идеологии квантовой физики. Важно понимать, что такое разделение на макро- и микромир является приближенным. И это является следствием глубокой взаимосвязи, взаимопревращаемости, по существу, неразделяемости подсистем. Но пока такое разделение в теории работает, нам удается познавать мир методом локально воспроизводимых экспериментов. В этом случае мир как целостная система изучается через свойства подсистем возбуждений, способных к локализации. При этом возникает возможность говорить и о свойствах вакуума, которая обеспечивается коррелированностью обеих подсистем – согласно общим принципам имеющихся теорий.

Уже в вышеприведенных рассуждениях заложен методологический подход, позволяющий ставить вопрос о рассмотрении понятия вакуума нашей Вселенной в качестве исходной абстракции современной космологической теории.

Вакуум как исходная абстракция теории нашего мира

Наука о возникновении и эволюции Вселенной называется космологией. И хотя вопрос о мироустройстве и миропорядке, что означает само слово космос, был поставлен на заре человеческой культуры, только в XX веке космология завоевывает статус науки благодаря созданию общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна. На базе ОТО создана стандартная космологическая модель, которая составляет твердое ядро этой научно-исследовательской программы. Сразу же с возникновением ОТО был поставлен вопрос об особенностях ранних этапов эволюции Вселенной. С середины двадцатых годов XX века господствующей в космологии становится фридмановская модель расширяющейся Вселенной, а с открытием в 1965 году реликтового излучения получает надежное обоснование теория Большого взрыва. Несмотря на существование определенных космологических проблем в теории, ситуация кажется весьма благоприятной. Однако дерзновенность физиков перешагивает все возможные горизонты, появляются попытки заглянуть в еще более отдаленное прошлое Вселенной, предшествующее Большому взрыву. Особую роль в становлении новых подходов, в которых реализацию получают идеи о вакуумном происхождении нашей Вселенной с ее последующим экспоненциальным расширением, сыграли квази-де-ситтеровская модель А.А. Старобинского[1], работы Я. Б. Зельдовича и Л.П. Грищука [2], где обсуждалась возможность возникновения Вселенной как целого из вакуумного «пузыря», а также многие другие. Начиная с ра-

[1] *Старобинский А.А.* // Письма ЖЭТФ. 1979. Т.30.

[2] *Grischuk L.P., Zeldovich Ja.B.* // Quantum Structure of Space – Time. Cambridge, 1982.

боты Я.Б. Зельдовича и Л.П. Питаевского[1], было понято, что вакуум в искривленном пространстве-времени (в сильном гравитационном поле) по своим свойствам существенно отличается от вакуума в плоском пространстве-времени Минковского. В вакууме, деформированном сильным гравитационным полем, может нарушаться так называемое условие энергодоминантности, в результате чего во Вселенной в целом могут возникать эффекты глобальной антигравитации, приводящие к ускорению ее расширения. Деформации слоистых структур пространства, обычно описываемые неравновесными скалярными полями (А. Гус, А.Д. Линде), также могут приводить к быстрому расширению Вселенной. Эти идеи, реализованные в так называемых инфляционных сценариях эволюции ранней Вселенной, интенсивно развивались последние тридцать лет. В рамках инфляционных моделей сделана попытка решения проблем сингулярности, космологической постоянной, а также вновь обозначивших себя проблем, являющихся следствиями моделей объединения.

Здесь следует сказать, что существенные сдвиги в представлениях о вакууме произошли к середине прошлого века и в физике элементарных частиц. Начиная с 1954 года, новую жизнь в теории получает калибровочный принцип для описания различных типов полей. Калибровочный принцип явился «динамическим нововведением» в общую теорию относительности[2]. В 1954 году Янг и Миллс применяют понятие калибровочного поля к ядерным силам. Это привело к переосмыслению существования калибровочной инвариантности в электродинамике, которая хорошо была известна к этому времени, но рассматривалась многими физиками как любопытный курьез. К началу

[1] *Zeldovich Ja.B., Pitaevskij L.P.* // Cons. Math. Phys. 1971.V. 23.

[2] *Пайс А.* Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М., 1989.

70-х годов было установлено, что все известные типы физических взаимодействий имеют калибровочную природу, то есть возникают как способы для поддержания определенных видов симметрии нашего мира. Таким образом, реализацию получает известный эйнштейновский девиз: «Взаимодействия диктуются симметрией». Локальная калибровочная инвариантность требует введения дополнительного поля, то есть введения квантов этого поля. В физике главенствующие позиции занимает методология, согласно которой физические взаимодействия являются вторичными, производными, возникают на определенном этапе эволюции Вселенной как способы, компенсирующие локальные калибровочные преобразования в природе, обеспечивая инвариантность физических законов. Каждый тип взаимодействий удалось описать в рамках обозначившего себя в теории единого подхода на основании конкретной группы симметрии. А это открывало пути для поиска унифицированной теории, в которой была бы найдена та формула нашего мира, тот вид симметрии, который определял бы вид физических законов, адекватных исходному состоянию нашего мира. Согласно современной научной парадигме, в исходном состоянии Вселенной еще не проявлено физическое многообразие мира, но предполагается существование всех реализующихся в будущем ходе ее развития различий в виде потенциальных возможностей. Превращение их в действительные грани мира представляет собой цепочку акциденциальных моментов благодаря нарушению не этой самой симметрии мира (она остается ненарушенной), а нарушению симметрии вакуума, который, в духе концепции физической целостности, развитой в квантовой физике, в качестве макрообстановки, о чем было сказано выше, ложится в основание, по отношению к которому эти различия и проявляются вплоть до наших дней. Таким образом, в теорию изначально закладываются нетривиальные варианты нарушения исходной симметрии.

Иными словами, в квантово-полевой исследовательской программе набирает обороты идея построения единой теории поля, реализующая мечту Эйнштейна, и которая десятки лет считалась невыполнимой, а потому, мягко говоря, являлась «отложенной» до лучших времен. Но эти времена настали и очень быстро дали свои всходы: была разработана теория электрослабого объединения, получившая блистательное экспериментальное подтверждение, предложены различные модели Великого объединения (единая теория сильного и электрослабого взаимодействий), обозначилась разработка теории суперструн и на этой основе модели суперсимметрии. Успехи в физике элементарных частиц привели к эпистемологическому повороту в космологии, и к восьмидесятым годам прошлого века стало понятно, что развитие космологии должно включать в себя концепции, разрабатываемые в квантовой теории поля. Таким образом, можно сказать, что на современном этапе произошло полное «смыкание» космологии и физики элементарных частиц, когда проблемы этих, когда-то разных физических дисциплин, полностью перекрываются и оказываются в одной плоскости исследований.

В 1998 году были получены экстравагантные результаты, в корне переменившие наши представления о структуре материи. Было установлено, что обычное вещество составляет только 4 % энергии Вселенной, 20 % – неиндентифицированная «темная материя» и 76 % – «темная энергия», которая сопоставляется с энергодоминантно-нарушенным вакуумом, способным к гравитационному отталкиванию. Мы считаем экспериментально надежно установленным, что на современном этапе эволюции «темная энергия» обеспечивает расширение Вселенной с ускорением, что вносит существенные коррективы в поиск адекватных космологических сценариев. В случае, если носителем «темной энергии» действительно является космологический вакуум, мы получим дополнительные аргументы в пользу

правильности выбранной стратегии в рассмотрении космологического вакуума как объекта, в котором изначально была сконцентрирована вся энергия нашей Вселенной. За время эволюции Вселенной часть энергии вакуума была израсходована, отдана на рождение других структурных единиц материи – на обычное вещество и «темную материю». Но уже сейчас, отталкиваясь от результатов, полученных на теоретической и экспериментальной стадиях современных исследований, можно ставить вопрос о рассмотрении вакуума в качестве «прародителя» обитаемого нами мира и в качестве исходной абстракции в физической теории.

Подчеркнем, что все современные космологические модели в своей основе используют представление о Вселенной как о самоорганизующейся целостности, что означает явное или неявное использование философского принципа восхождения от абстрактного к конкретному. Восхождение от абстрактного к конкретному есть метод воспроизведения в мышлении конкретного (в нашем случае Вселенной как целостности) путем синтеза абстрактных определений конкретного. Важно, что это восхождение рассматривается как диалектическое развитие, как генетическое выведение конкретного из абстрактного.

Вакуум и проблема геометризации физики

Использование калибровочного принципа в физике, по существу, представляет собой программу геометризации физики. Макроскопическая среда под названием вакуум рассматривается в рамках этой программы как конкретное состояние геометрии пространства-времени. Следует сразу оговориться, что в существующих теориях, проверяемых экспериментально, программа геометризации полностью не реализована. В рамках программы геометризации физики все физические поля рассматриваются как характери-

стики геометрии пространства-времени: гравитационное поле интерпретировано как искривление пространства-времени; остальные известные физические поля, сильное, слабое и электромагнитное, представляют собой расслоения пространства-времени. Между тем, фермионные поля, кванты которых сопоставлены кваркам и лептонам, рассматриваются здесь как объекты, внешние к пространству-времени. Таким образом, на современном этапе полной геометризации достигнуть не удалось, имеет место неполная геометрия описания, но стрела дальнейших исследований в области фундаментальной физики и космологии направлена именно в сторону полной реализации данной программы. Здесь можно говорить о двух этапах научного поиска. На первом этапе ставится задача построения теории суперсимметрии, позволяющей объединить все известные физические взаимодействия в единое суперполе, то есть выявить то «Единое Бытие», ту группу суперсимметрии, которая по сей день составляет ненарушаемое основание нашего мира. Второй этап нацелен на поиск объединения геометрии и материи суперполя в единое геометризированное суперполе, возможно, соответствующее более сложной структуре расслоенного суперпространства. Оказалось, что согласование этой идеи с уже имеющимися экспериментальными данными по спектру наблюдаемых частиц требует перехода к геометрии многомерного пространства-времени. Ситуация представляется еще более экстравагантной по той причине, что геометрия этого многомерного пространства-времени предположительно должна описывать не конечным набором полей, а бесконечным, но с определенной иерархией, определяемой теорией суперструн. По поводу перспективности суперструнной программы идут серьезные дискуссии, от обсуждения внутриматематических проблем теории до выдвижения альтернативных концепций (например, концепции преонов или некоммуникативной геометрии), а также дискуссии по по-

воду самой возможности получения прямых или хотя бы косвенных экспериментальных аргументов в пользу суперструнной программы.

На том уровне познания, который допускает современный эксперимент, мы можем говорить об искривленном пространстве, в котором имеются три типа расслоенных структур (электромагнитное, сильное, слабое) плюс поля вещества, которые еще полностью не геометризированы, о чем было сказано выше. Эти представления могут быть расширены, и в этом немалую роль могут сыграть эксперименты, запланированные на Большом адронном коллайдере *(LHC)*. Одной из приоритетных экспериментальных задач на *LHC* является поиск проявлений суперсимметрии между бозонами и фермионами на масштабе энергий 1 ТэВ. Если суперсимметрия будет обнаружена, то экспериментальное подтверждение получит концепция суперрасслоенного суперпространства. Но пока эффект суперрасслоения никак не проявлялся, поэтому оставим эту проблему без комментариев. Обратимся к смыслу понятия «расслоение».

Именно использование калибровочного принципа позволяет придать всем рассматриваемым видам симметрий геометрическую интерпретацию, ибо калибровочные симметрии могут быть интерпретированы как связности в расслоенных пространствах – структурах, хорошо известных в дифференциальной геометрии. В классической физике физическое пространство трактуется как многообразие точек, переходящее само в себя при преобразованиях (простейшие случаи – вращение и трансляция, в релятивистской физике – преобразования Лоренца). При рассмотрении теории расслоенного пространства предполагается, что каждая точка сама по себе является многообразием, переходящим само в себя при преобразованиях внутренних симметрий. Это имеет надежное экспериментальное подтверждение для проявлений и электромагнитного, и сильного, и слабого взаимодействий. Понятно, что возникает вопрос о природе этих свойств. И здесь прослеживаются два возможных варианта интерпретации.

Первый вариант: точка, которую мы воспринимаем как элемент четырехмерного пространства-времени, в действительности принадлежит многомерному пространству. Тогда внутренние свойства этой точки порождаются свойствами многомерного пространства. В теории предложены два альтернативных подхода для описания «внешней скрываемости» многомерия, – теория Калуци-Клейна и (или) бранная топология. Согласно теории Калуци-Клейна, дополнительные пространственные измерения сжаты, компактифицированы до размеров 10^{-33}см. Отметим, что ограничение, даваемое экспериментом, составляет значение до 10^{-18}см. Бранный подход связан с теоретически предсказанной возможностью того, что пространство компактифицированным не является, а масштабы движения в дополнительных измерениях макроскопические, сопоставимые с размерами Вселенной. Однако выход в эти измерения затруднен свойствами четырехмерной гиперповерхности, отождествляемой с нашей Вселенной. В рамках этой второй модели предполагается существование некоторых специфических сил сцепления, действующих на объект, находящийся на динамической поверхности, которые и препятствуют отрыву тела. Это и обеспечивает нам существование именно в трехмерном пространстве и одномерном времени, так как дополнительные измерения оказываются для нас пока энергетически недоступными. Существуют программы претенциозных экспериментов, которые позволят различить эти две концепции, но, к сожалению, они количественно не прогнозируемы. Так, на коллайдере *LHC* будет получен предел энергий, при переходе через который может стать возможным выход в дополнительные измерения. Если энергии окажется достаточно, то возникнут специфические эффекты, состоящие в том, что частицы как бы покидают наше пространство-время, а потом возвращаются в него. Данная программа теоретически разработана академиком В.А. Рубаковым[1]. Однако даже при положительном

[1] *Рубаков В.А.* Большие и бесконечные дополнительные измерения // УФН. 2001. Т. 171. № 9. – С. 913–938.

исходе эксперимента мы получим только макроэффект, сами перемычки, микроэффекты останутся, так сказать, за кадром. Тем не менее, положительный результат давал бы основание для дальнейшей разработки второго из упомянутых нами подходов. Полная реализация обоих подходов этого варианта приводит к физике суперструн. И здесь являет себя прогрессивный сдвиг проблем в части классификации объектов теории: намечаются пути слежения от суперструн до явленных объектов реального мира.

Второй вариант активно разрабатывается французским ученым Аленом Коннесом[1] и содержит в себе представление об элементе многообразия (который в современной теории считается точкой пространства) как о множестве (а не точке), объединяющем дискретные микроструктуры. На малых масштабах понятие точки становится приближением неудовлетворительным, движение объекта становится более сложным, чем простое перемещение, и должно описываться дискретной матрицей степеней свободы. Тогда расслоения отражают определенные свойства дискретной структуры. Математический аппарат для описания этой идеи разрабатывается в рамках дискретной некоммутативной геометрии. Когда мы используем понятие геометрии, то имеем в виду непрерывный континуум, обладающий внутренними динамическими свойствами, вытекающими из свойств симметрии этого континуума. При этом преобразования симметрии также являются непрерывными. Возникает вопрос, является ли концепция непрерывности континуума первичной? Или же пространственно-временной континуум возникает как способ описания некоторых отношений между объектами, имеющими матричную дискретную структуру[2]?

---

[1] *Connes Alain.* Noncommutative Geometry. – Academic Press, San Diego, CA, 1994. 661 p.; Alain Connes, Matilde Marcolli. Noncommutative Geometry, Quantum Fields and Motives. http://www.alainconnes.org/docs/bookwebfinal.pdf;

[2] См. Journal of Noncommutative Geometry. – http://www.ems-ph.org/journals/journal.php?jrn=jncg; *Беннаи М., Сахи З.* Аспекты матричной

Сам факт возникновения слоев или конкретных способов компактификции N-пространственных измерений в современной теории определяется динамикой эволюции физического вакуума, цепочкой спонтанных нарушений его симметрии. Потому вакуум представляет собой состояние геометрии, в котором отсутствуют его возбуждения, отсутствуют возбуждения как самой геометрии, так и внешних по отношению к геометрии возбуждений вакуума, интерпретированных выше как микроподсистема, которая в существующей теории еще полностью не геометризирована, о чем сказано выше.

Сложность (и непроясненность) проблемы соотношения вакуума и геометрии удивительно напоминает сложность диалектики формы и содержания в гегелевской философии. Можно утверждать, что геометризация физики означает поиски внутренней формы организации конкретного содержания. Если ньютоновские представления о пространстве и времени есть только кажимость (это еще не форма), на что обращали внимание такие мыслители прошлого, как Беркли, Кант, Гегель, Мах, а четырехмерный мир Эйнштейна-Минковского – внешняя форма существования мира, то придание всем структурным единицам материи геометрической интерпретации есть восхождение к внутренней форме, в этом контексте напомним слова Гегеля: «то, что являет себя как деятельность формы, есть далее, в той же мере собственное движение самой материи... и то, и другое, действие формы и движение материи есть одно и то же... Материя, как таковая, определена или необходимо имеет некоторую форму, а форма – это просто материальная, удерживающая форма»[1]. Иными словами, геометризация физики может считаться выявлением внутренней формы как способа организации содержания – вакуума

теории и некоммутативная геометрия // Теоретическая и математическая физика. 2005. 145. № 2. С. 181–190.

[1] *Гегель Г.* Наука логики. В 3-х т. Т. 2. М., 1971. С. 71.

нашей Вселенной. Однако тождество содержит в себе различие. Роль формы в развитии содержания выражается в том, что она организует и выражает содержание, удерживает непрерывные изменения содержания в определенных границах, придает ему определенную устойчивость. При этом именно содержание играет ведущую роль, изменения содержания всегда предшествуют изменениям формы. Форма может быть рассмотрена как структура, обеспечивающая функционирование данного содержания и определяющая границы его возможных изменений. Различие между содержанием и формой указывает на противоречивость их внутреннего единства, что составляет основу развития явления.

Вакуумные подсистемы в Стандартной Модели фундаментальных взаимодействий на кварк-лептонном уровне

Важнейшими элементами Стандартной Модели физики элементарных частиц, проверенной экспериментально, являются две вакуумные подсистемы: 1) электромагнитная и слабая, объединенные в единую электрослабую подсистему в рамках теории Вайнберга-Салама, и 2) подсистема, связанная с квантовой хромодинамикой, являющейся теорией сильных взаимодействий. Природа этих вакуумных подсистем различна. В соответствии с экспериментальными данными предполагается, что слоистая симметрия, соответствующая электрослабым взаимодействиям, спонтанно нарушена, то есть эта структура определенным образом деформирована в однородном пространстве-времени. Этот эффект однородной деформации описывается с использованием представлений о существовании хиггсовского вакуумного конденсата (*H*-бозонов), разлитого по всей Вселенной. Формально математически хиггсовский конденсат

рассматривается как состояние скалярного поля (бозонного поля с нулевыми значениями спинов бозонов), взаимодействующего со слоистой структурой, соответствующей электрослабому взаимодействию. В свете вышеприведенных рассуждений возникает вопрос о вписывании этого скалярного поля в геометризированную теорию. Понятно, что надежды на такое решение весьма обнадеживающие, но пока скалярное поле выступает в качестве некоторого дополнительного и самостоятельного элемента теории, вводимого в нее для описания деформации слоистой структуры электрослабого поля.

Вторая подсистема, соответствующая хромодинамическому вакууму, имеет существенно иную природу и связана с квантово-топологическими явлениями в микромасштабах пространства-времени. Речь в данном случае идет о топологии расслоений. Оказалось, что одному и тому же энергетическому состоянию слоистой структуры могут соответствовать ее различные конфигурации, которые не сводятся друг к другу непрерывными преобразованиями. С точки зрения классической физики каждая конфигурация должна соответствовать отдельной Вселенной. Учет законов квантовой физики позволяет говорить о возможности существования отдельных спонтанных туннельных переходов между различными конфигурациями. Эти спонтанные туннельные переходы условно объединяют различные вакуумы (которые в классической физике соответствовали бы разным вселенным) в единый хромодинамический вакуум нашей Вселенной со сложной топологической микроструктурой. Как стало понятно, эти туннельные переходы сопровождаются в реальном пространстве-времени квантовыми флуктуациями слоистой структуры – глюонного поля, которые, в свою очередь, индуцируют флуктуации кварковых полей (внешних объектов по отношению к слоистой геометрии). Каждая из этих флуктуаций локализована в пространстве-времени и называется кварк-глюонным вакуумным конденсатом.

С изучением этих вакуумных подсистем удалось понять ряд свойств наблюдаемого мира, которые ранее остались непонятными. Например, взаимодействие волнового поля с хиггсовским конденсатом, как предполагается, генерирует массы различных частиц (так называемый механизм Хиггса). Кварк-глюонный конденсат позволил понять природу масс адронов. Адрон рассматривается как область перестроенного кварк-глюонного вакуума, стабилизированного валентными кварками. Эта область обладает плотностью энергии вакуума большей, чем плотность энергии неадронного вакуума. Значительная часть масс адронов, приблизительно половина всей массы, обеспечивается энергией перестроенного кварк-глюонного вакуума.

К этим двум подсистемам добавляется подсистема, введенная Дираком, представляющая собой нулевые колебания различных полей. Они всегда наличествуют, но рассматриваются уже на фоне конденсатов.

Подчеркнем, что подобная классификация вакуумных подсистем соответствует современной ступени познания мира, но уже сейчас понятно, что все эти три подсистемы есть различные проявления единой универсальной вакуумной структуры, соответствующей описанию мира в терминах единой универсальной геометрии.

Эксперименты на Большом адронном коллайдере: надежды и прогнозы

Представленность целостного мира в виде двух подсистем – вакуумной и подсистемы возбуждений вакуума – сама по себе является прогнозом сложной гетерогенной структуры вакуума. Выявлению особенностей внутренней структуры вакуума служит комплекс экспериментов, запланированных к постановке на Большом адронном коллайдере.

На Большом адронном коллайдере предполагается осуществление пяти научных программ: 1) поиск бозонов Хиггса – *H*-бозонов, открытие которых является одним из узловых вопросов стандартной модели квантовой теории поля; 2) поиск нейтралино, из которых, предположительно, состоит «темная материя», что явилось бы подтверждением теории суперсимметрии, лежащей в основе построения единой теории поля; 3) изучение кварк-глюонной плазмы, возникающей в области соударений высокоэнергетических тяжелых ионов. В этом эксперименте в области пространства масштаба размеров ионов будет проведено разрушение структур хромодинамического вакуума. После искусственного перевода хромодинамического вакуума в неравновесное состояние будут изучаться процессы его релаксации в устойчивое состояние в режиме реального времени; 4) детальное изучение протон-протонного взаимодействия с целью изучения изменений свойств пространства (вакуума) в окрестностях столкновения протонов. Протоны при этом как бы разбухают, но границы каждого из них становятся более резкими и, кроме того, в результате перестройки вакуума вероятность взаимодействия протонов увеличивается. Совокупность этих трех свойств взаимодействия адронов при высоких энергиях принято называть *BEL* – эффект (*Black-Edge-Large*). Вопрос состоит в том, как *BEL* – эффект проявляет себя при больших энергиях, будет ли получено согласование эксперимента с теоретическими предсказаниями; 5) изучение свойств вакуума в области слабых взаимодействий с целью выяснения деталей эффекта нарушения комбинированной четности (*CP* – инвариантности). На коллайдере предполагается исследование осцилляций *b*-мезонов, которые с хорошей вероятностью рождаются в протон-протонных взаимодействиях. В процессах с участием *b*-мезонов должны количественно заметно проявляться физические явления, ответственные за необратимость времени, и в экспериментах на *LHC* эти явления будут изучены детально.

Последние три из перечисленных выше экспериментальных программ дадут, как предполагается, реальные результаты, служащие уточнению существующих теорий. Что касается первых двух, то здесь вполне возможны разочарования, связанные с неподтверждаемостью возлагаемых на эти эксперименты ожиданий физиков.

В простейшем варианте теории предсказывается самая простая структура вакуумного хиггсовского конденсата, характеризуемая только одним энергетическим параметром. Такая структура имеет только один тип возбуждений, который в эксперименте должен проявляться как электронейтральный хиггсовский бозон H^0. Если эксперимент подтвердит существование только одного хиггсовского бозона со свойствами, полностью соответствующими предсказаниям Стандартной Модели, то на повестку дня выдвинутся проблема поколений и проблема выделенного статуса нейтрино[1]. В этом случае с необходимостью должна быть востребована качественно новая информация, лежащая уже за рамками Стандартной Модели.

При другом результате эксперимента, подтверждающем более сложный вариант Стандартной Модели, в котором хиггсовый конденсат описывается тремя физическими величинами, а в его спектре возбуждений уже 5 бозонов Хиггса – 2 заряженных $H^{\pm}$ и 3 нейтральных: H_1^0, H_2^0 и A^0, возникают перспективы для подтверждения концепции суперсимметрии. В случае подтверждения концепции суперсимметрии возникает основа для развития новых представлений о пространстве-времени и о «темной материи».

Становится понятным, что существующая теоретическая стратегия в значительной своей части уже сейчас имеет экспериментальное подтверждение, часть проблем планируется разрешить с помощью экспериментов на Боль-

[1] См. *Верешков Г.М., Минасян Л.А.* Эпоха критических экспериментов в фундаментальной физике и космологии// Научная мысль Кавказа. 2004. № 3. С. 48–57.

шом адронном коллайдере, однако многие вопросы, по-прежнему, будут оставаться длительное время без ответов. Это плата за дерзновенность самого замысла. Сейчас можно сделать вполне определенные прогнозы, являющиеся следствием достаточно смелых, но и надежных экстраполяций, являющих собой вполне конкретные теоретические разработки. А именно: на очень малых пространственно-временных масштабах мы обязательно обнаружим дополнительные вакуумные структуры, связанные с расслоенной супергеометрией, являющиеся локальными проявлениями многомерных структур. Вопрос состоит в том, какая из имеющихся теоретических моделей в большей степени будет соответствовать экспериментальным результатам, на каких масштабах энергий? Но уверенность в том, что программа унификации (программа единой теории поля, включающей в себя концепцию суперструн) должна быть неизбежно связана с представлениями о сложной гетерогенной структуре вакуума и многомерностью пространства-времени, в среде ученых остается практически непоколебимой.

Характерно, что проблемы, обсуждаемые в рамках антропного принципа, согласно которому существование Вселенной в ее нынешнем виде (с присутствием в ней человека) зависит – и весьма критическим образом – от конкретных значений масс элементарных частиц и от величин констант фундаментальных взаимодействий, имеют, так сказать, вакуумную подоплеку. В работе[1] показано, что эти значения отражают свойства физического вакуума и, более того, формируются ими.

Программа унификации с включенным в нее антропным принципом вновь ставит вопрос о глубинной взаимосвязи Вселенной, Жизни и Разума, ставит вопрос о Человеке и его миссии в этом мире. Все опять же возвращается в лоно вечных проблем, наиболее четко сформулирован-

[1] *Латыпов Н.Н., Бейлин В.А., Верешков Г.М.* Вакуум, элементарные частицы и Вселенная. М., 2001.

ных И. Кантом: «Что я могу знать? Что я должен делать? На что я могу надеяться?»[1]. А это на современном уровне познания мира «подстрекает» к попытке сопоставления по уровню сложности биологические структуры и структуры гетерогенного вакуума.

Границы познаваемого

Биологические структуры построены из квантов фермионных и бозонных полей, масштабы которых достигают 10^{-8} см. Что касается вакуумных подсистем, то масштабы их функционирования от 10^{-13} до 10^{-30} см. То есть это системы, весьма различные по масштабам. Что понимается при их сопоставлении под уровнем сложности? Будем считать, что сложность объекта напрямую связана с количеством функциональных связей между элементами структуры и возможностями записи на этих структурах информации о самих объектах и об их истории, а также возможность использования этой информации для выработки реакций на изменение условий, в которых этих структуры существуют. Можно определенно утверждать, что сложность гетерогенного вакуума, по меньшей мере, одного порядка со сложностью биологических систем. Обе структуры являются эволюционирующими. Причем, если говорить о вакууме, то в области релятивистских фазовых переходов имеет место перестройка вакуума с рождением различных по своим свойствам объектов физического мира за счет диссипации энергии вакуума. Обе структуры обладают свойством самоорганизации. Самоорганизацию мы рассматриваем как способность реагировать на внешние условия, сопротивляясь их влиянию на разрушение структур. Само по себе понятие самоорганизации телеономично, ибо содержит в себе целеполагание на сохранение. Жизнь, с нашей точки зрения, – это способность реагировать на внешние условия

[1] *Кант И.* Соч. в 6 т. М., 1964. Т. 3. С. 661.

с использованием информации. Здесь также существует цель, связанная с сохранением и воспроизводством. Разум – это способность реагировать на информацию с использованием ее для прогнозирования будущего. Можно сказать, что и здесь та же цель, но которая сопровождается тенденцией к изменению внешней среды в соответствии с оптимизацией условий существования. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в этой цепочке явно прослеживается расширение содержания понятия цели, и каждый раз расширяется количество информации и режим переработки этой информации. Излишне подчеркивать, что любая система имеет ограниченные возможности к прогнозу. Подобная способность разума должна быть обусловлена тем, что он представляет собой более сложную систему, чем среда, в которую он помещен. Если Вселенная способна к прогнозированию своей эволюции, то возникают (нередко повторяемые в ряде работ современных ученых) гипотезы о ее разумности или о Мировом Разуме. Излишне говорить о претенциозности и преждевременности такого подхода. Однако и точка зрения, базирующаяся на материализме, даже понятом в русле спинозовской концепции (на основании которой разум, мышление рассматривается в качестве атрибута материи, как необходимое условие самодвижения материи[1]), требуют в связи с полученными в физике результатами более внимательного рассмотрения. При таком подходе подразумевается, что само мышление, человеческий разум представляют собой более сложную систему, чем организующая его среда во всей ипостаси своего исторического развертывания. Это и составляет кредо антропоцентричного подхода. А что, если это не так? На повестку дня опять-таки выдвигаются такие ноумены, как мир в целом и душа. Если стать на редукционистские позиции и под душой человека понимать некоторое ин-

[1] *Ильенков Э.В.* Мышление как атрибут субстанции// Диалектическая логика. http://www.caute.net.ru/ilyenkov/chronica.html;

формационное поле, то здесь наука находится далеко от границы познаваемого. Здесь ноуменальность прямо-таки налицо. Известно, что в физике информационные поля известны давно, информационные поля учитываются в квантовой физике и математически описываются вектором состояния. Напомним, что вектор состояния в математической форме содержит информацию о статистических распределениях всех физических величин, характеризующих микрообъект. Но в терминах статистического распределения можно представить любую информацию. Заметим, что именно это обстоятельство имеют в виду при разработке нанотехнологий для телекоммуникационных систем, целиком основанных на квантовой механике. Таким образом, *информационные поля в физике есть.* Существует весьма важный аспект. Дело в том, что согласно аксиоматике квантовой механики эти поля линейны. И это одна из причин, по которой буксует построение унифицированной теории. До тех пор, пока информационные поля в фундаментальной физике имеют линейный характер, ни о каком методологическом прорыве, использующем идею самоорганизации эволюционирующей Вселенной, говорить не приходится.

Что касается мира в целом, то это уровень рассуждений, презентирующий себя на научном уровне в рамках квантовой космологии. Сам термин «квантовая космология» является в некотором смысле спорным, потому что попытки квантования гравитационного поля по сей день не увенчались успехом: общая теория относительности и квантовая физика все еще только на пути к взаимосогласованию. Между тем, под квантовой космологией традиционно понимается область исследований, для которой такое согласование принципиально. Это масштабы энергий от 10^{16} до 10^{19} ГэВ (или от 10^{-30} до 10^{-33} см). На этих масштабах произошли явления, которые сформировали последующий облик Вселенной, сформировали свойства гетерогенного вакуума. Как отмечал Кант, «разум в своих изысканиях перешагива-

ет все возможные границы», потому и в этой сфере существуют различные гипотезы, имеющие в определенном смысле фантасмагорические оттенки. Повторим, что существующая парадигма квантовой теории основана на делении мира на две подсистемы с последующим согласованием их свойств в рамках концепции целостности. Единственный способ введения даже линейных информационных полей сводится в теории к процессу квантования. Квантовая механика строится на основе классической заготовки, а потом проводится квантование. В попытках построения унифицированной теории эта попытка распространяется и на геометрические теории. Принципиальное значение здесь имеет следующее обстоятельство: идея целостности физических объектов и средств наблюдения реализуется в квантовой теории и в классических геометрических теориях различным образом. В квантовой теории она реализуется процессом квантования, переходом к операторному представлению, а в классических геометризированных теориях – путем введения дополнительных уравнений, задающих систему отсчета и, следовательно, состояние наблюдателей. Здесь надо иметь в виду, что в классической геометризированной теории система отсчета определяется как система, включающая множество наблюдателей, в отличие от квантовой теории, где система множества наблюдателей сразу приводит к проблемам. Таким образом, синтез квантового и геометрического представлений о природе физических полей является далеко нетривиальной задачей. По существу, здесь делается попытка двумя альтернативными способами, совместимость которых не очевидна, реализовать одну методологическую концепцию. Понятно, что нужна ключевая идея, объединяющая квантовый и геометрический подходы. Формулировку этой идеи надо искать при анализе тех проблем, которые существуют в обеих обсуждаемых теориях. Концепция целостности, реализующаяся в геометризированных теориях, по своей сути эквивалентна идее самоорганизации. Однако без идеи самоор-

ганизации невозможен анализ и тех проблем, которые возникают в квантовой теории при наличии множества наблюдателей. Квантовая теория, с одной стороны, использует концепцию многовариантности путей эволюции (вероятностная динамика всегда многовариантна). А, с другой стороны, именно она решает проблему устойчивости основных физических состояний (электрон не падает на ядро, например). Сопоставление этих двух аспектов квантовой теории приводит к мысли, что постоянная Планка «*h*» является отражением происходящих в природе процессов самоорганизации, причем на самом фундаментальном уровне представлений о материи и пространстве-времени. Существует надежда, что введение кванта действия и калибровка существующих геометрических теорий – операции, имеющие идентичный смысл. И в рамках идеи самоорганизации совмещение этих двух процедур окажется возможным. А это указывает на необходимость обобщения принципов квантовой теории. В этом ключевая суть остро обозначившего себя поиска новых методологических подходов. Сегодня же мы констатируем трудности в применении процедуры квантования в современных геометризированных теориях. Теория суперструн генетически представляет собой программу классической заготовки. Так что здесь сразу вырисовывается главное препятствие в достижении унифицированности – трудности совмещения теории суперструн с процессом квантования. Следствием этого и является разделение всей мировой системы на две подсистемы: *классическую*, которую следует рассматривать как макрообстановку, которая должна быть строго детерминированной, и *квантовую*. То, что подобный подход является неполным, следует из анализа существования физических ситуаций, в том числе и в пределах достигнутых экспериментальных возможностей, когда разделение объекта исследования на классическую и квантовую подсистемы теряет смысл. Потому терминосистема «квантовая космология» отражает «мечту об окончательной теории».

Тем не менее, уже сейчас четко обозначена область ее исследований – речь идет о вероятностной эволюции Вселенной, входящей во множество других вселенных. И хотя это множество (Мультивселенная или Метавселенная) никак не конкретизируется, считается, что множество путей эволюции предполагает существование множества вселенных.

Существует вариант, в котором это множество рассматривается как нечто исходное, являющееся надвременной и надпространственной реальностью, – так называемое суперпространство Уилера. Подчеркнем, что суперпространство, объдиняющее множество вселенных (суперпространство Уилера), не следует путать с четырехмерным суперпространством, внутренняя симметрия которого объединяет фермионные и бозонные поля. В концепции Уилера описание физических процессов проводится с принципиальным отсутствием параметра времени, если нет представителя – наблюдателя. Другой вариант – это концепция многолистной Вселенной (концепция Уилера-Эверетта), согласно которой множество возникает в процессе недетерминированной редукции квантовых состояний при измерениях, проводимых делокализованным наблюдателем внутри Вселенной.

Другая модель, которая развивает приоритет детерминистической редукции, была предложена Хартлом и Хокингом[1], и претендует она на описание мира в русле концепции *фатализма* с жестко предопределенной редукцией всех волновых пакетов на всем протяжении существования Вселенной. Редукция изначально закладывается в граничные условия уравнений Уиллера-Де-Витта. Геометрические условия представляют собой здесь максимально симметричные граничные условия, допускаемые уравнениями. Именно в эти граничные условия включен наблюдатель. Оказывается, что максимально симметричные граничные условия можно получить только в формальной теоретиче-

[1] *J.B. Hartle, S.W. Hawking.* Wave function of the Universe. – Phys. Rev. D28, 2960 (1983).

ской модели, в которой время мнимое. Для заданных таким образом граничных условий находится волновая функция всей Вселенной, предопределяющая будущее Вселенной. Реальное время возникает только на квазиклассической стадии эволюции Вселенной, после фрагментации замкнутой пространственно-временной области из суперпространства. Но эта фрагментация происходит не случайно, а, согласно теории Хокинга, фатально. До фрагментации мы имеем сигнатуру с мнимым временем, когда и формируются граничные условия. Такова в общих чертах схема квантовой геометродинамики по Хокингу. Противоположная позиция исходит из положения, согласно которому максимально симметричное состояние не имеет решения в силу внутренней природы самих уравнений квантовой геометродинамики. Вопрос в том, что же нарушает эту симметрию, что обуславливает неизбежное существование действительного времени? И ответ на этот вопрос связывается опять-таки с представлением о существовании вакуума. Иными словами, не может идти речи о геометрии без учета вакуума, нарушающего геометрические симметрии. В основе здесь идея о том, что точные симметрии не наблюдаемы. Чтобы что-либо вычленить для наблюдения, необходимо различение. Таким образом, уже вакууму можно приписать роль наблюдателя, ибо на своих структурах он пишет историю, которую мы хотим прочитать. В обеих концепциях мы все равно приходим к необходимости существования наблюдателя во Вселенной: в первом случае – через граничные условия; во втором случае через многовариантную эволюцию вакуумных структур. Но если в геометродинамике Хокинга все Вселенные устроены по одному принципу и одинаковы, то в первой концепции речь идет о возникновении различных вакуумов и различных пространственно-временных сигнатур.

Существует и версия, согласно которой Вселенная изначально содержит элемент, который можно назвать делокализованным наблюдателем, с самого начала изучающим

самого себя. Выше уже говорилось о концептуальной идентичности данного подхода с феноменологией духа Гегеля. Следует признать, что построение такой системы имеет прагматическое содержание, ибо позволяет обойти поставленный в начале данного параграфа вопрос, а именно, может ли менее сложный объект выступать субъектом познания более сложных структур? Пока мы сложнее познаваемых нами структур, мы можем смело выступать в качестве субъектов познания, имея в качестве объекта исследований, в том числе, и самих себя. Как должен быть организован процесс познания, когда на повестку дня встают проблемы, обозначающие себя в квантовой космологии? Здесь метод познания, опирающийся на существование локально воспроизводимых элементов мира, не работает. Встает вопрос о познании Вселенной в целом, что для локализованного наблюдателя невозможно. В этой области энергий теряют свой смысл термины макромир, микромир, пространство, время. Теоретическое деление мира на две подсистемы становится в данном круге задач невозможным: само понятие вакуума в квантовой космологии становится едва ли не бессмысленным. Категория вакуума, понимаемая как исходная абстракция, имеет отношение к физике нашего мира, венцом эволюции которого становится человек.

Антропный принцип, поставивший на повестку дня модальность долженствования и целеполагания в самоорганизации Вселенной, результатом эволюции которой должно было стать появление Человека, вырисовывает направления, ведущие современную физику к тем проблемам, которые впервые были обозначены философией Канта. Достаточно хотя бы более пристально вглядеться в первую антиномию чистого разума, чтобы ясно увидеть в ней те же проблемы, которые сегодня решаются уже на языке физики.

По мнению Канта, и тезис, и антитезис первой антиномии являются ложными. Несмотря на то, что и тезис, и антитезис доказывается им вполне строго апологическим методом (то есть методом от противного). Ошибки в умозак-

лючениях Кант видит в том, что «разум ведет свой регресс, не рассматривая при этом, принадлежит ли обусловленное к миру вещей или к миру явлений». Можно поставить вопрос о справедливости притязаний и тезиса, и антитезиса на истину. Тезис первой антиномии оказывается верным, если рассматривать обусловленное и его условия как явления, где синтез, будучи эмпирическим, необходимо дан в пространстве и во времени, последователен и «имеет место только в регрессе и никогда не существует без него. Но зато мы можем сказать в таком случае, что *регресс* к условиям, т. е. непрерывный эмпирический синтез на этой стороне, предложен или *задан* нам и что не может быть недостатка в условиях, даваемых этим регрессом»[1]. Но именно так обстоит дело в теоретической космологии наших дней. Мир имеет начало во времени, если речь идет о нашей Вселенной, ибо начало во времени – это есть момент ее отпочковывания в виде вакуумного пузыря. В этом ряду рассмотрения вакуум представляет собой безусловное, исходную абстракцию (по терминологии Гегеля) теории нашего мира, венцом эволюции которого является Человек. И этот мир, весь этот ряд явлений, не есть вещь, которая может рассматриваться в качестве действительной независимо от человека. Другое дело вся самовосстанавливающаяся Вселенная, в которой наш мир выступает всего лишь одной из бесчисленного множества вселенных. Здесь уже синтез обусловленного с условием и весь ряд условий должен мыслиться сразу, без всякого ограничения во времени и потому не заключает в себе понятия последовательности. В данном случае это обусловленное, и его условия есть «вещь в себе», в этом ряду наша Вселенная выступает как обусловленное, но при этом «регресс к условиям не только *задан*, но и в действительности уже *дан* вместе с обусловленным»[2].

---

[1] *Кант И.* Соч. в 6 т. Т.3. М., 1964. С. 456.
[2] Там же. С. 455–456.

Таким образом, если тезис вполне соответствует нашему человекомерному миру, в котором понятие времени приобретает смысл, то антитезис, согласно которому мир не имеет начала, а существует вечно и бесконечен, ибо понятия пространства и времени вне человекомерности действительно теряют свое операциональное значение, относится ко Вселенной в целом.

Какова роль этой целостности в возникновении впоследствии нашего мира? Сможет ли человек, являющийся продуктом космологической эволюции конкретной Метагалактики с конкретным видом физического вакуума и специфичной для него пространственно-временной сигнатурой, когда-либо получить ответ на этот вопрос? Или мы должны принять позицию Канта о различении мира явлений и мира «вещей в себе». Известно, что в спекулятивной философии Гегеля человеческому мышлению приписана способность достичь в своем развитии уровня одного порядка с Мировым разумом. Сама организация духа, по Гегелю, обуславливает собой миропознание, ибо организация духа есть также и организация реального мира. Дух порождает из самого себя Вселенную, познающего ее субъекта, и в силу этого приходит к самому себе. Самодвижение Абсолютного духа через самораздвоение на пути возвращения в самое себя имеет главную цель – познание своей сущности. И это самопознание духа осуществляется посредством мыслительной мощи Человека. Подобный подход не лишен привлекательности вследствие своего оптимистического гностицизма. Но вряд ли этот оптимизм сегодня имеет весомый естественнонаучный фундамент. Однако следует признать, что вечные философские вопросы в связи с новейшими достижениями в космологии и физике элементарных частиц обозначают себя все острее. Проблемы физического вакуума вновь вызывают к жизни «тени» великого философского прошлого, настойчиво осовременивают их и расчищают для них достойное место в естественнонаучной проблематике.

Я.В. Тараroев

ПОНЯТИЯ ИНФЛЯЦИИ, ТЕМНОЙ ЭНЕРГИИ, ТЕМНОГО ВЕЩЕСТВА В СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

Проблемы и парадоксы релятивистской космологии, как и необходимость для их решения выйти за её рамки были осознаны уже достаточно давно, ещё в середине 60-х годов XX столетия. Наибольший содержательный и мировоззренческий вызов релятивистской космологии бросала первая проблема, связанная с «исходным материалом», из которого произошла наша Вселенная. Физический вакуум в качестве такого кандидата был далеко не очевиден, были и другие предложения, например, особый вид плазмы[1], однако логика развития научного знания, искусственность и «натянутость» таких предположений подталкивала к тому, чтобы на роль «исходного материала» Вселенной был выдвинут именно физический вакуум.

Положение о возникновении Вселенной из вакуума было высказано достаточно давно Г.И. Нааном[2] (как выразился сам автор, «...всё из вакуума...»). Затем появилась выполненная П.И. Фоминым одна из первых работ, в которой уже предлагалась не только идея, но и описывалась «физи-

---

[1] См. *Альвена Г.* «Миры и антимиры. Космология и антиматерия». Пер. с англ. М., 1968. С. 120.

[2] *Наан Г.И.* Проблемы и тенденции релятивистской космологии // Эйнштейновский сборник. М., 1966. С. 339–372.

ка процесса»[1]. В ней П.И. Фомин пишет о «вакуумной космологической модели», употребив характерные для этой теории в дальнейшем термины «почкование», «туннельный переход» и т.п. Вместе с тем к идее возникновения Вселенной из физического вакуума оказался возможен и подход, так сказать, «с другой стороны», через раскрытие «физической природы» космологического Λ-члена в уравнениях Эйнштейна. Через ряд предположений, выдвинутых другими авторами, Э.Б. Глинер[2] отождествил его с космологическим вакуумом. Сразу возникает вопрос о тождестве или различии физического и космологического вакуумов. Однозначного и окончательного его решения нет и по настоящее время, особенно в свете последних открытий, связанных с тёмной энергией[3], о чём будет идти речь ниже. Однако оба вакуума обладают очень важным, с точки зрения космологии, свойством: и тот и другой вакуум приводит к одному закону расширения. Для космологического вакуума такой закон расширения известен ещё со времён де Ситтера, а для физического вакуума такой закон расширения впервые был указан А.А. Старобинским[4] в 1979 г. Эта идея оказалась весьма плодотворной именно для решения проблем, возникающих в релятивистской космологии. Сам А.А. Старобинский использовал её для решения проблемы сингулярности, а «подхвативший» и развивший её позднее А. Гут «расширил» её использование, пытаясь разрешить при её помощи взаимосвязанные друг с другом

---

[1] *Фомин П.И.* Гравитационная неустойчивость вакуума и космологическая проблема. Препринт ИТФ-73-137Р Киев, 130, ИТФ АН УССР. С. 9.

[2] *Глинер Э.Б.* Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // ЖЭТФ. М., 1965. Т. 49. С. 542–548.

[3] См. например: *Чернин А.Д.* Тёмная энергия и всемирное антитяготение // Успехи физических наук, 2008. Т. 178. № 3. С. 267–300.

[4] *Старобинский А.А.* Спектр реликтового гравитационного излучения и начальное состояние Вселенной // Письма в ЖЭТФ. Т. 30. В. 11. С. 719–723.

проблемы плоскости, горизонта и реликтовых монополей. (*Последняя заключается в отсутствии их наблюдений*, тогда как согласно теории они должны появляться на ранних этапах эволюции Вселенной в больших количествах). В целом А.Д. Линде выделяет[1] три инфляционных «сценария» – «старая» модель А. Гута; «новая модель», связанная с именами А. Альбрехта и П. Стейнхарда, а так же самого А.Д. Линде; и третья «модель хаотической инфляции», автором которой был А.Д. Линде. Первые две имели внутренние содержательные противоречия и допускали ряд искусственных допущений, и только модель хаотической инфляции не имела серьёзных подобных изъянов. Именно она и стала концептуальной основой современного космологического знания[2]. Согласно этой концепции, в первичном высокоэнергетическом физическом вакууме происходят квантовые флуктуации (колебания) его характеристик, которые подчинены случайным процессам. Эти случайные процессы приводят в некоторых локальных областях ($l \approx 10^{-33}$ см) к перестройке физического вакуума (происходит фазовый переход), и эти области начинают стремительно расширяться. Это расширение и отождествляется с процессом возникновения нашей (и не только нашей) Вселенной. В данной концепции термин «расширение» закономерно заменён термином «раздувание», поскольку масштабный фактор за время от 10^{-43} с. до 10^{-35} с. увели-

---

[1] *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 256.

[2] Кроме вышеуказанной работы А.Д. Линде см. например: Долгов А.Д., Зельдович, Я.Б., Сажин М.А. Космология ранней Вселенной. М., 1988. 244 с., Kinney William H. Cosmology, Inflation, and the Physics of Nothing // arXiv: astro- ph/0301448 v1, Brandenberger Robert H. Principles, Progress and Problems in Inflationary Cosmology // arXiv: astro-ph/0208103 v1, Thompson Gregory B. The picture of our universe: A view from modern cosmology // arXiv:astro-ph/0209504 v2., и множество других.

чился от $l \approx 10^{-33}$ см до 10^{104}см, а возможно даже и до гораздо больших масштабов. После прекращения инфляции метрическая эволюция Вселенной вышла на «классическую релятивистскую стадию», и в этом смысле инфляционная космология не опровергает релятивистскую космологию, а скорее дополняет её, рассматривая ещё более ранние этапы эволюции Вселенной, которые были вне пределов рассмотрения релятивистской космологии. Раздувание Вселенной на самых ранних этапах её эволюции происходило по экспоненциальному закону $a(t) \sim e^{Ht}$, и поэтому данный процесс был назван «инфляцией». Название обусловлено аналогией с денежной инфляцией, при которой скорость роста денежной массы прямо пропорциональна самой денежной массе, в данном же случае «рост» масштабного фактора пропорционален ему самому ($da(t)/dt \sim a(t)$). Такой стремительный рост масштабного фактора до столь невероятно невообразимых масштабов автоматически решал ряд собственно физико-космологических парадоксов релятивистской космологии, связанных с эвклидовостью пространства, плотностью магнитных монополей, взаимодействием причинно несвязных пространственных областей Вселенной. «Идеология» этого решения лежит вполне в духе философии Николая Кузанского: на бесконечности (или невообразимо больших масштабах) всё кривое стремится к прямому (дугу бесконечного радиуса можно рассматривать как отрезок прямой), соответственно при таких масштабах плотность магнитных монополей уменьшается, а все впоследствии причинно несвязные области в момент 10^{-43} с. были причинно связными. Кроме того, инфляционная космология предлагает и концептуальное решение основной проблемы релятивистской космологии, связанной с «материалом» из которого произошла наша Вселенная и причинами, вызвавшими её возникновение и дальнейшее расширение. Однако пока это только

общая концепция, которая ещё очень далека от законченной физической теории.

Инфляционный процесс в расширении Вселенной происходит на самых ранних её стадиях, и поэтому вполне очевидно, что, так же, как и в случае с релятивистской космологией, инфляционная космология «зависла» в стадии эмпирической невесомости. На первых порах были совершенно не ясны «механизмы» выхода этой теории на эмпирический материал, однако открытие анизотропии и поляризации реликтового излучения сделанное сначала советскими, а затем американскими учёными, предоставило возможность косвенной эмпирической проверки инфляционной теории, по крайней мере, в подтверждении самого факта инфляционного расширения Вселенной на самых ранних этапах. В 1983–1984 годах на орбите работал специализированный советский спутник «Реликт», исследовавший реликтовое излучение, а с 1989 – американский специализированный спутник COBE (Cosmic Background Explorer). Результаты обработки данных советского спутника, показывающих анизотропию реликтового излучения, были получены в конце 1991 г, а опубликованы[1] в июле 1992 г. в журнале Monthly Notices of Royal Astronomical Society, тогда как пресс-конференция по результатам работы спутника COBE[2] состоялась в апреле 1992 г. За это открытие Нобелевскую премию по физике за 2006 год получили только участники американского проекта Джон Мазер и Джордж Смут, о советском (российском) проекте,

---

[1] Подробнее о результатах исследования советского спутника см. например: *Сажин А.М.* Современная космология в популярном изложении. М., 2002. С. 240.

[2] О результатах работы COBE см., например, Kamionkowski Marc. New Views of Cosmology and the Microworld. // arXiv:hep-ph/0210370 v1, Brandenberger Robert H. Principles, Progress and Problems in Inflationary Cosmology. // arXiv: astro-ph/0208103 v1., и множество других публикаций.

показавшем те же результаты, «мировое сообщество» даже не вспомнило. Это открытие стало возможным только с развитием и усовершенствованием наблюдательной техники, радиотехники, повышением её чувствительности в сотни тысяч раз, поскольку сама анизотропия (отклонение от среднего температурного фона реликтового излучения) составляет порядка 10^{-5} ° Кельвина. По работам двух спутников были составлены карты анизотропии излучения, которые совпали. Физическая «связь» с процессом инфляции достаточна проста – температурные отклонения от общего фона реликтового излучения являются «следами» тех квантовых флуктуаций, происходивших в первичном высокоэнергетическом физическом вакууме, которые в процессе инфляции «растянулись» вместе с раздувающимся по экспоненциальному закону пространством. Принципиальным является тот факт, что численные параметры этих «следов» совпали с теми, которые предсказывала инфляционная теория. Таким образом, стадия «эмпирической невесомости» инфляционной космологии закончилась, и она обрела эмпирическую базу. Инфляционное расширение нашей Вселенной на самых ранних этапах её эволюции стало, как считают многие космологи, эмпирическим фактом.

Несмотря на столь значительный успех инфляционной космологии, как уже говорилось выше, она сама ещё далека от завершения и находится в состоянии активной теоретической разработки. Одна из её серьёзных проблем – квантовые процессы, происходящие в высокоэнергетическом физическом вакууме, где и пространство, и время носят квантовый характер, и соответственно физические процессы происходят в масштабах, равных или меньших, чем квантовые (планковские) масштабы пространства (10^{-33} см) и времени (10^{-43} с). Необходима теория, которая описывала бы состояния, виды и формы материи в подобных масштабах и соответствующие физические процессы, приводящие к инфляционному расширению. Кроме кванто-

вой теории поля, исследованием подобных состояний материи занимается и теория струн, к которой всё чаще «обращается» инфляционная космология. В результате этих «обращений» в научной литературе появился даже новый термин – «струнная космология» или «космология струн»[1]. Её задача – решать сугубо физические и даже в определённой мере «технические» проблемы, связанные, в первую очередь, с проблемой сингулярности и «механизмом» инфляции. Преимущества такого подхода заключаются в возможности использовать все специфические моменты теории струн и М-теории, в частности, многомерность пространства, а также свойства дуальности (особенно Т-дуальность). В самых общих чертах механизм инфляции может быть объяснён взаимодействием струн в многомерном пространстве, при котором три из десяти (или одиннадцати) измерений начинают экспоненциально расширяться, а другие остаются компактифицированными на квантовом уровне. Существенную роль в компактификации одних измерений и раздувании других может играть и Т-дуальность, именно в силу своего свойства эквивалентности в описании физических процессов в масштабах r и $1/r$ для разных теорий струн. Принципиальное отсутствие в теории струн нулевых размеров, а также свойство Т-дуальности также может помочь в разрешении проблемы сингулярности. Взаимодействие космологии и теории струн (М-теории) носит взаимовыгодный характер. Не только теория струн «подсказывает» способы решения космологических проблем, но и космология выступает определённым эмпирическим «тестом» для теории струн. Это касается не только наблюдаемой «пост-инфляционной Вселенной», в том числе

[1] См., например, Andrei Linde. Inflation and String Cosmology // arXiv:hep-th/0107176 v1, Gasperini M. and Veneziano G. Pre-Big Bang Scenario in String Cosmology // arXiv:hep-th/0207130v1, Liam McAllister and Eva Silverstein String Cosmology: A Review // arXiv: hep-th /0710.2951v2

и различных астрофизических форм материи[1], но и полученных от наблюдений анизотропии реликтового излучения количественных «параметров» инфляции[2]. Однако все они носят характер именно ограничений, позволяющий выбирать из множества возможных теорий и подходов только некоторые. Говорить в настоящее время о том, что космология струн позволит в ближайшее время провести «решающее наблюдение», которое подтвердит или даже опровергнет какую-либо законченную теорию в её рамках, не представляется возможным. В целом в струнной космологии существуют только некоторые общие подходы и методологические наработки, фундаментальными прорывами она ещё похвастаться не может (как и в целом теория струн). Однако взаимодействие теории струн и космологии будет продолжаться, и надо надеяться, что рано или поздно, но результат будет получен.

Гораздо лучше в этом смысле обстоят дела с теми областями современной космологии, которые исследуют не далёкое прошлое, а настоящее нашей Вселенной, поскольку именно эта «часть» космологии богата эмпирическим материалом, который нуждается в теоретическом осмыслении. Речь идёт о проблеме скрытой массы и тёмной энергии.

Своими корнями эта проблема восходит ещё к первым работам Фридмана и его моделям, физическая реализация которых зависит от средней плотности материи во Вселенной (её отличия от критической плотности). Величина

---

[1] См., например, *Mark P.* Hertzberg, Max Tegmark, Shamit Kachru, Jessie Shelton, and Onur ËOzcan Searching for Inflation in Simple String Theory Models: An Astrophysical Perspective // arXiv: astro-ph 0709.0002v3

[2] Andrei Linde and Alexander Westphal Accidental Inflation in String Theory // arXiv: hep-th 0712.1610v1, Richard A. Battye, Bjorn Garbrecht, Adam Moss, and Horace Stoica Constraints on Brane Inflation and Cosmic Strings // arXiv: astro-ph 0710.1541v3, Mark P. Hertzberg, Shamit Kachru, Washington Taylor, and Max Tegmark // Inflationary Constraints on Type IIA String Theory // arXiv: hep-th 0711.2512v2, Renata Kallosh and Andrei Linde Testing String Theory with CMB // arXiv: hep-th 0704.0647v1

плотности, отнесённая к критической (относительная плотность равная $\Omega = \rho / \rho_{крит}$), является одним из основных космологических параметров современной космологии.

После получения решений Фридманом и отказа космологов от Λ-члена под плотностью материи подразумевалась, прежде всего, плотность её вещественных форм. Доступные наблюдения ещё в 70-х годах XX столетия давали величину плотности, по крайней мере, в несколько раз меньше критической, что соответствовало фридмановской открытой модели. «... Значение критической плотности $\rho_{крит} \sim 10^{-29} \div 5 \times 10^{-30}$ г/см$^{-3}$ (в настоящее время эта величина оценивается в $\rho_{крит} \sim 8 \times 10^{-30}$ г/см$^{-3}$ – *Т. Я.*). Достаточно надёжно установлено, что средняя плотность материи во Вселенной ρ_0 не меньше, чем $\rho_0 = 3 \times 10^{-31}$ г/см$^{-3}$. Эта величина ρ_0 определяется массой материи, входящей в галактики, и не учитывает массы межгалактического вещества. ... Не исключено, однако, что на самом деле плотность вещества больше – в частности, за счёт межгалактического ионизированного водорода или других труднонаблюдаемых видов материи[1]. В дальнейшем действительно такие вещественные формы материи были обнаружены и получили название «тёмного вещества» или «скрытой массы». Однако в оценку современной плотности материи во Вселенной даже не они дают основной вклад. Впервые о возвращении в космологию Λ-члена заговорили ещё в конце 60-х – начале 70-х годов XX столетия в связи с обнаружением концентрации квазаров на определённом, достаточно большом от нас расстоянии[2]. Для объяснения этого феномена и было предложено рассматривать космологиче-

[1] *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1975. 736 с. С. 31.

[2] Там же. С. 128–129.

ские модели с Λ-членом, который в качестве физического содержания предполагает наличие «сил» отталкивания, «противодействующих» гравитационному притяжению. На протяжении почти трёх десятилетий такие модели фигурировали в теоретических работах, однако «не делали» в теоретической космологии «погоды», проблема квазаров предполагала и другие решения, а космологические модели с Λ-членом удовлетворяли не всем наблюдательным данным.

Ситуация коренным образом изменилась в 1998 г. В этом году две группы учёных, одна из Италии, другая из США, работая независимо, сообщили об одном и том же открытии – ускоренном расширении Вселенной[1]. И та, и другая группы наблюдали удалённые сверхновые, т.н. стандартные свечи. Процесс энерговыделения в них хорошо изучен, и на любом расстоянии они легко отождествляются. Расстояние до этих «свечей» (сверхновые Ia) было установлено по яркости вспышки, однако оно не совпало с расстоянием, вычисленным по эффекту Доплера. А это могло быть только в том случае, если они, принимая участие в крупномасштабном расширении Вселенной, удаляются от нас не с замедлением, как считалось ранее, а с ускорением. Отсюда как будто следовало, что во Вселенной присутствует некий феномен, «сила», которая не притягивает, как гравитация, а отталкивает друг от друга, и соответственно ускоряет космологические объекты. Эта «сила» отталкивания получила название «тёмной энергии». «Энер-

[1] См. Adam G.Riess, Alexei V. Filippenko, Peter Challis, Alejandro Clocchiattia, Alan Diercks and other. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // arXiv:astro-ph/9805201v1,. S. Perlmutter, G. Aldering, G. Goldhaber, R.A. Knop, P. and other Nugent Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae // arXiv:astro-ph/9812133v1, G.Aldering, W. Althouse, R. Amanullah, J. Annis, P. Astier and other Supernova / Acceleration Probe: A Satellite Experiment to Study the Nature of the Dark Energy // arXiv:astro-ph/0405232 v1

гия» – из-за способности отталкивать и ускорять формы материи, а «тёмная» – потому, что этот феномен не проявлял себя никаким другим образом. На протяжении ближайших нескольких лет после этого наличие во Вселенной тёмной энергии было протестировано ещё несколькими способами – по анизотропии реликтового микроволнового излучения, по гравитационному линзированию, нуклеосинтезу теории горячей Вселенной, оценки постоянной Хаббла, и все они подтвердили её наличие. Стало очевидно, что плотность Вселенной имеет две компоненты: плотность вещества и плотность тёмной энергии $\Omega = \Omega_B + \Omega_E$. Были сделаны и численные оценки вклада плотности тёмной энергии в общую плотность. Различные оценки[1] дают величину Ω_E порядка 0,7 с небольшими погрешностями, что означает, что около 70% плотности Вселенной составляет причина ускоренного расширения Вселенной – тёмная энергия. Природа тёмной энергии к настоящему времени не ясна, и эта проблема является одной из наиболее актуальных проблем современной физики[2]. Изначально была надежда объяснить ускоренное расширение Вселенной, и соответственно 70 % вклада в её плотность физическим вакуумом с уравнением состояния $p = -\omega \cdot \varepsilon$, где p – давление, ε – плотность энергии, а ω – коэффициент пропорциональности, для вакуума $\omega = -1$. Однако результаты дальнейших исследований показали, что коэффициент ω может оказаться отличным от -1: это означает, что тёмная энергия может иметь более сложную природу, чем физический

---

[1] *Гинзбург. В.Л.* О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года // Успехи физических наук, 2002. Т. 172. № 2. С. 213–219; *Lukash V.N.* Cosmological model: from initial conditions to structure formation // arXiv: astro-ph 0712.3356v1, Lawrence M. Krauss The State of the Universe: Cosmological Parameters 2002 // arXiv:astro-ph/0301012 v2, и др.

[2] *Гинзбург. В.Л.* О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года // Успехи физических наук – 2002. Т. 172. № 2. С. 213–219.

вакуум. Определение точного значения ω в современную эпоху является одной из основных задач наблюдательной космологии. Факт нынешнего ускоренного расширения означает[1], что с необходимостью $\omega < -1/3$. Этот коэффициент не является величиной постоянной, а зависит от времени (и соответственно от H). В ранней Вселенной он был больше $-1/3$, и, Вселенная расширялась с замедлением. Наблюдения показывают, что преобладание тёмной энергии и, соответственно, ускоренное расширение Вселенной началось около 5–6 миллиардов лет назад[2]. В случае, если $-1 < \omega < -1/3$, предлагается модель «квинтэссенции» – формы материи, представляющее собой частицеподобные возбуждения нового, не сводящегося к известным видам полей скалярного поля. Однако, в настоящий момент неточность определения достаточна высока, и по одной из оценок[3] ω лежит в пределах $-1.18 < \omega < -0.93$. В случае если $\omega < -1$, то в качестве «кандидата» на тёмную энергию предлагается фантомная энергия – до сих пор неизвестная форма материи, которым может быть новый тип поля[4]. В случае, если же ω будет строго равна -1, то тёмная энергия будет отождествлена с физическим вакуумом. Кроме того, во Вселенной могут существовать и другие формы материи, описываемые другими уравнениями состояния: $\omega = -2/3$ – доменные стенки (специфическая форма материи, отделяющая одну вселенную от другой, $\omega = 0$ – обычное вещество, $\omega = 1/3$ – излучение и релятивистское веще-

---

[1] См., например, *Robert R. Caldwell, Marc Kamionkowski, Nevin N.* Weinber. Phantom Energy and Cosmic Doomsday // arXiv:astro-ph/0302506 v1

[2] См. *Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д.* Космология и физический вакуум. М., 2006. 216 с.

[3] *Vinod B.* Johri Phantom Cosmologies // arXiv:astro-ph/0311293 v3 Разумеется эта оценка не единственна. В одной из работ (Ariel G. S'anchez1, and Carlton M. Baugh Cosmological Parameters 2006 // arXiv: astro-ph/0612743v1) значение ω оценивается в пределах от -1.02 до -0.67. Исследование этого вопроса продолжается.

[4] *Sean M.* Carroll. Why is the Universe Accelerating? // arXiv:astro-ph/0310342 v1

ство, $\omega > 1/3$ – мало обсуждаемое сверхсветовая форма энергии[1], причём значения ω могут принимать не только дискретные величины, кратные 1/3, но могут существовать «переходные» формы материи с ω, не кратной 1/3. Такое многообразие потенциальных возможностей существования различных форм материи позволяет сделать предположение о том, что значение ω, получаемое из наблюдений, может быть обусловлено многокомпонентной природой и тёмной энергии, и в целом физического «содержания» Вселенной. Впрочем, это всё не более, чем гипотезы, наравне с которыми существуют и другие, менее принятые, например, о том, что эффект тёмной энергии может быть связан со свойствами гравитации[2].

Вопрос природы тёмной энергии является одним из ключевых вопросов современной физики и космологии, в частности, ещё и потому, что от его решения зависят перспективы будущей эволюции Вселенной. В частности, в случае, если тёмной энергией окажется фантомная энергия, то будущее нашей Вселенной незавидно – через несколько десятков миллиардов лет (временной промежуток зависит от её «мощности») произойдёт т.н. «Большой Хлопок» и все формы материи исчезнут, «размазавшись» по пространству[3]. Впрочем, модели будущего Вселенной определяются не только космологической величиной ω, но и рядом других параметров, таких, например, как начальные условия в виде характеристик физического вакуума, которые, в свою очередь, определяются спецификой теорий, описывающих микро-масштабы, будь это теория струн,

---

[1] Решение уравнений Фридмана с этим уравнением состояния см: Robert J. Nemiroff and Bijunath Patla Adventures in Friedmann cosmology: A detailed expansion of the cosmological Friedmann equations // arXiv:astro-ph/0703739v2

[2] *Чернин А.Д.* Тёмная энергия и всемирное антитяготение // Успехи физических наук, 2008. Т. 178. № 3. С. 267–300.

[3] *Vinod B.* Johri. Phantom Cosmologies // arXiv:astro-ph/0311293 v3

М-теория, или квантовая теория поля (квантовая теория гравитации)[1].

Вклад в общую плотность Вселенной, как уже говорилось выше, даёт и вещество (ω = 0). По общим оценкам, вклад вещества в общую плотность Вселенной составляет около 30 %, т.е. $\Omega_B = 0{,}3$[2]. В этой составляющей плотности Вселенной выделяют два компонента: тёмное вещество (называемоя ещё скрытой массой) и видимое вещество. Их соотношение составляет, по последним оценкам $\Omega_{B/ТЁМ} = 0.25 \pm 0.02$ (если брать грубо среднюю величину по всем работам), $\Omega_{B/ВИД} = 0.05 \pm 0.008$. Природа видимого вещества известна ещё с незапамятных времён. Его составляют звёзды, активные ядра, газопылевые облака и другое «население» галактик, которое мы можем наблюдать в оптическом и других диапазонах электромагнитного спектра вследствие наличия у них излучающей, поглощающей или отражательной способности. Большую же часть (по массе) этого «содержимого» Вселенной составляют звёзды. Со скрытой массой сложнее, поскольку её название – «скрытая» говорит о том, что она не проявляет

[1] *Renata Kallosh, Andrei Linde, Sergey Prokushkin, Marina Shmakova Supergravity.* Dark Energy and the Fate of the Universe // arXiv:hep-th/0208156 v2

[2] *Lukash V.N.* Cosmological model: from initial conditions to structure formation // arXiv: astro-ph 0712.3356v1, Ariel G. S'anchez, and Carlton M. Baugh Cosmological Parameters 2006 // arXiv:astro-ph/0612743v1, A. Bosma Dark Matter in Galaxies: Observational overview // arXiv:astro-ph/0312154 v1 Albrecht Andreas, Frieman Joshua A., Trodden Mark. Early Universe Cosmology and Test of Fundamental Physics: Report of the P. 4.8 Working Subgroup, Snowmass 2001 // arXiv: hep-ph/0111080 v1, Reid David D., Kittell Daniel W., Arsznov Eric E., and Thompson Gregory B. The picture of our universe: A view from modern cosmology // arXiv:astro-ph/0209504 v2, Kamionkowski Marc. New Views of Cosmology and the Microworld // arXiv:hep-ph/0210370 v1, Ellis By John. Dark Matter and Dark Energy: Summary and Future Directions // arXiv: astro-ph/0304183v1, Tegmark Max Measuring Spacetime: from Big Bang to Black Holes // arXiv:astro-ph/0207199 v1 и другие.

себя в излучении электромагнитного спектра и может быть обнаружена только косвенным образом – по гравитационному взаимодействию, что требовало развитие специальных исследований и развитие техники наблюдений. Её невозможно обнаружить непосредственно, и в силу этого весьма затруднительно однозначным образом определить её природу.

Первые предположения о её существовании появились ещё в 70-х годах XX столетия. В качестве таковой указывались межгалактический газ, нейтрино, при условии, что они имеют массу, гравитационные волны[1]. К скрытой массе также могли быть отнесены чёрные дыры, планеты вне пределов Солнечной системы и другие астрономические и астрофизические объекты, непосредственно не наблюдаемые, однако их «удельный вес» во Вселенной слишком мал, чтобы они вносили в эту величину ощутимый вклад. Дальнейшие исследования показали, что темное вещество преобладает над видимым в несколько раз, и в настоящее время проблема определения природы тёмного вещества является одной из ключевых проблем современной космологии, которой посвящено множество работ[2].

---

[1] *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Строение и эволюция Вселенной. М., 1975. 736 с.

[2] См., например, Albrecht Andreas, Frieman Joshua A., Trodden Mark. Early Universe Cosmology and Test of Fundamental Physics: Report of the P. 4.8 Working Subgroup, Snowmass 2001 // arXiv: hep-ph/0111080 v1, Reid David D., Kittell Daniel W., Arsznov Eric E., and Thompson Gregory B. The picture of our universe: A view from modern cosmology. // arXiv:astro-ph/0209504 v2., Kamionkowski Marc. New Views of Cosmology and the Microworld. // arXiv:hep-ph/0210370 v1, 19.Krauss Lawrence M. The State of the Universe: Cosmological Parameters 2002. // arXiv: astro-ph/0301012 v2, Ellis By John. Dark Matter and Dark Energy: Summary and Future Directions // arXiv: astro-ph/0304183v1 Tegmark Max Measuring Spacetime: from Big Bang to Black Holes // arXiv:astro-ph/0207199 v, Lawrence M. Krauss Dark Matter Candidates: What Cold, .and What's Not // arXiv:hep-ph/0702051v1, Kiyotomo Ichiki, Masamune Oguri and Keitaro Takahashi WMAP Constraints on Decaying Cold Dark Matter // arXiv:astro-ph/0403164 v1, A. Bosma Dark Matter in Galaxies: Observational overview // arXiv:astro-ph/0312154 v1, J. E. Taylor J. Silk & A. Babul // Small-scale

Объекты, рассматриваемые в последней четверти XX столетия в качестве претендентов на скрытую массу, рассматриваются в таком же качестве и сейчас, однако значительная часть специалистов полагает, что они недостаточны для объяснения известных в настоящее время величин плотности скрытой массы. Предлагается ряд новых «претендентов» на это звание. Это, прежде всего, массивные гипотетические слабовзаимодействующие частицы, которыми, в случае наличия у них большой массы, могут быть и нейтрино, маломассивные нейтрино, гипотетические маломассивные частицы – аксионы, гипотетические частицы, (суперпартнёры), существование которых следует из теории суперсимметрии, гипотетические сверхтяжелые частицы, и, наконец, самовзаимодействующее вещество. Предположительно, значительная часть всех этих частиц расположена в обширных гало, окружающих галактики. Какой из этих «претендентов» доминирует в наблюдаемой области Вселенной, какие просто наличествуют – все эти вопросы должны решаться разработкой соответствующих теоретических моделей и систематическими астрономическими наблюдениями, которые уже ведутся, и результаты которых сейчас активно обсуждаются.

Как видно из вышесказанного, общая относительная плотность, по крайней мере, *наблюдаемой* области Вселенной (Метагалактики) имеет величину порядка 1. Грубо обобщённое по разным источникам значение величины Ω составляет от 0.95 до 1.03. Это означает, что геометрия наблюдаемой части нашей Вселенной в предельно больших масштабах, исключая окрестности сверхмассивных и массивных объектов, евклидова или почти евклидова. А это, в свою очередь, помогает нам, почти через столетие после создания Фридманом своих моделей, наконец-то сделать

Substructure in Dark Matter Haloes: Where Does Galaxy Formation Come to an End? // arXiv:astro-ph/0312086 v1и другие.

выбор одной из них. Похоже, однако, что в этом выборе реализуется самый проблемный вариант: значение Ω определяется из наблюдений с какой-либо, пусть даже и очень малой, погрешностью, а модель плоской евклидовой Вселенной реализуется только в случае, когда Ω строго равна 1. Любое, пусть даже ничтожно малое отклонение Ω от 1, означает «реализацию» во Вселенной, другой, не евклидовой геометрии, и соответственно, и иной фридмановской космологической модели. Кроме того, проблема определения Ω для всей Вселенной затруднена ещё и тем, что, согласно инфляционной космологии, за счёт раздувания пространства Вселенной на самых ранних этапах эволюции её «размеры» невообразимо велики, и мы наблюдаем её ничтожно малую часть. Делать же уверенные выводы из наблюдений, имеющих сильную погрешность измерения (когда эта погрешность так принципиальна), на всю Вселенную не вполне корректно. Эти обстоятельства позволяют утверждать, что одними наблюдениями проблему определения Ω (а значит и выбор типа фридмановской модели) не решить, для её решения необходимо привлекать дополнительные теоретические соображения.

Кроме относительной плотности Ω важным космологическим параметром, который играет одну из основных системообразующих ролей в раскрытии содержания современного представления понятия «Вселенная», является постоянная Хаббла. Уточнению её значения различными методами посвящено множество работ, список которых ежемесячно увеличивается на несколько десятков. В разных источниках указаны разные значения H, правда, не сильно отличающиеся друг от друга. Например: H = = 72 *км/с·Мрс* (*Мрс* – Мега параллакс секунда – расстояние, равное приблизительно $3 \cdot 10^{19}$ км) в одной из них[1], в дру-

[1] *Reid David D., Kittell Daniel W., Arsznov Eric E., Thompson Gregory B.* The picture of our universe: A view from modern cosmology // arXiv:astro-ph/0209504 v2.

гой работе[1] указано два значения H, померенные различными методами: H = 72 ± 7 *км/с·Мрс* и H = 59 ± 6 *км/с·Мрс*, а, кроме того H = 71 ± 6 *км/с·Мрс*[2], H = 70 ± 8 *км/с·Мрс*[3], H = 67 ± 7 *км/с·Мрс*[4], у В.Л. Гинзбурга[5] приведено несколько значений: H = 64 ± 13 *км/с·Мрс*, H = 71 ± 8 *км/с·Мрс*. Результаты, получаемые и в настоящее время, существенным образом не изменяют картину и дают примерно те же значения, например: H = 73 ± 9 *км/с·Мрс* и H = 62.3 ± 6.3 *км/с·Мрс*[6].

Зная H, можно легко установить возраст нашей Вселенной, однако, он будет зависеть от соотношения плотности вакуума и материи[7]. Там же приведена эта зависимость для H = 70 ± 8 *км/с·Мрс*. Если $\Omega_E = 0$, а $\Omega_B = 1$, тогда $t_0 = 9.7 \pm 1$, если $\Omega_E = 0.8$, а $\Omega_B = 0.2$, тогда $t_0 = 15.3 \pm 1.5$, если $\Omega_E = 0.7$, а $\Omega_B = 0.3$, тогда $t_0 = 13.7 \pm 1.4$, если $\Omega_E = 0.65$, а $\Omega_B = 0.35$, тогда $t_0 = 12.9 \pm 1.3$, где t_0 – время, прошедшее от начала расширения Вселенной, взятое в миллиардах лет.

Такова, в общих чертах, Вселенная в своих основных системообразующих свойствах и качествах, с точки зрения современных, впрочем, быстро меняющихся представлений.

---

[1] *Deustua Susana E., Caldwell Robert, Garnavich Peter, Hui Lam, Refregier Alexandre.* Cosmological Parameters, Dark Energy and Large Scale Structure // arXiv:astro-ph/0207293 v1

[2] *Kinney William H.* Cosmology, Inflation, and the Physics of Nothing // arXiv: astro- ph/0301448 v1

[3] *Krauss Lawrence M.* The State of the Universe: Cosmological Parameters 2002. // arXiv: astro-ph/0301012 v2

[4] *Peebles P.J.E.* The Cosmological Constant and Dark Energy // arXiv: astro-ph/0207347 v2.

[5] *Гинзбург В.Л.* О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года // Успехи физических наук – 2002. – Том 172, №2. – С.213-219.

[6] *Marina Seikell, Dominik J.* Schwarz. How strong is the evidence for accelerated expansion? // arXiv: astro-ph0711.3180v1

[7] См. *Krauss Lawrence M.* The State of the Universe: Cosmological Parameters 2002 // arXiv: astro-ph/0301012 v2

Г.И. Наан

ПОНЯТИЕ БЕСКОНЕЧНОСТИ В МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И КОСМОЛОГИИ

§ 1. Введение

Проблема бесконечности принадлежит к числу «вечных» проблем науки, привлекающих пристальное внимание математиков, естествоиспытателей и философов.

Пограничный характер проблемы бесконечности, необходимость ее разработки общими усилиями представителей естествознания, математики и философии уже подчеркивался автором[1]. Однако и сейчас существуют точки зрения о том, что проблема относится всецело к компетенции естественных наук либо, наоборот, «исключительно» или хотя бы «прежде всего» к компетенции философии (см., например[2]). Не столь важно, по какому «ведомству» – естественнонаучному или философскому – числить проблему, гораздо важнее, чтобы она разрабатывалась на современном научном уровне; а это возможно только при участии представителей разных отраслей математики, физики, астрономии, философии. Иными словами, не следует стремиться к тому, чтобы пограничная проблема была предметом пограничного конфликта.

В современной науке проблема бесконечности стала чрезвычайно многогранной. Бурное развитие математики

---

[1] *Наан Г.И.* О бесконечности Вселенной // Вопросы философии. № 6, 1961.

[2] *Свидерский В.И.* О философском понимании конечного и бесконечного // Вопросы философии. № 6, 1964.

за последние сто лет привело к открытию ряда новых, чрезвычайно интересных аспектов бесконечного, а успехи космологии показывают, что они имеют реальные прообразы в природе. Легче всего заниматься бесконечностью, если обо всем этом ничего не знать: невинность рождает отвагу. Многогранность проблемы рождает также соблазн расчленить бесконечность на разные, мало связанные бесконечности-омонимы (философскую, космологическую, ряд математических). Если учесть еще, что термин «Вселенная» только в физико-математических науках применяется в пяти – шести разных значениях, то оказывается возможным придавать самый различный смысл словосочетанию «бесконечность Вселенной».

По-видимому, не было сделано попыток классификации типов бесконечности или хотя бы составления их перечня. Предлагаемый ниже обзор, вероятно, также не является исчерпывающим.

Выдвигаемая на обсуждение симпозиума* точка зрения в известном смысле противоположна очерченной выше. Делается попытка найти единство в многообразии, трактовать различные аспекты бесконечности в математике, физике, астрономии и философии как различные отражения одной и той же реальности – реальной бесконечности реальной Вселенной.

§ 2. Типы бесконечности

2.1. Практическая бесконечность отличается тем, что а) является исторически первым и логическим простейшим представлением о бесконечности; б) несмотря на это чаще всего и вполне успешно применяется во всех физических приложениях математики, кроме, разве, космологических; в) вместе с тем имеет меньше всего отношения к бесконечности в более строгом ее понимании.

Практически-бесконечное означает «достаточно большое (малое, близкое, далекое)». Что считать здесь доста-

* См. примечание редактора в конце статьи.

точным, это всецело зависит от конкретных условий рассматриваемой задачи. Бесконечно большими в этом смысле могут быть и расстояния в 10^{13}, и в 10^{-13} см (первое в астрономии, второе – в физике элементарных частиц). С точки зрения математика (во всяком случае, представителя классической математики), первая величина ничуть не ближе к бесконечно большому, чем вторая, а вторая представляет бесконечно малую ничуть не в большей мере, чем первая.

Несмотря на кажущуюся примитивность понятия практической (физической) бесконечности, уже в связи с ним могут быть поставлены некоторые далеко идущие вопросы.

2.1.1. Уже здесь мы сталкиваемся с противоречивостью бесконечного, с необходимостью рассматривать взаимоисключающие противоположности в их нераздельном единстве.

Математика не допускает замены бесконечного каким бы то ни было конечным, сколь бы велико (мало) ни было последнее, поскольку они суть взаимоисключающие противоположности. Физика же делает такую замену буквально на каждом шагу, и получающиеся при этом результаты неизменно оказываются правильными. Этим демонстрируется весьма убедительным образом если не тождество, то единство противоположностей.

Можно задаться вопросом о том, какова физическая или общекосмологическая подоплека того, что это оказывается *возможным, что здесь практический разум в силах преодолеть антиномию чистого разума?*

Формальная сторона вопроса очевидна: замена бесконечного конечным возможна потому, что результаты, которыми интересуется физика, являются приближенными (хотя и «сколь-угодно» точными). Речь идет не об этом. Можно представить себе такое устройство Вселенной, при котором полем на «достаточно большом» расстоянии от источника нельзя было бы пренебречь в силу, например, слишком тесного расположения источников (идеализация: «начинка» Вселенной – совершенная сплошная среда). Возможно, что этот случай в какой-то мере реализуется

даже в нашей Вселенной – в области очень малых пространственно-временных масштабов (и, соответственно, очень энергичных взаимодействий). Область применимости понятия практической бесконечности так или иначе ограничена также «сверху», в космологических масштабах.

Забегая вперед, можно высказать утверждение об ограниченной, в принципе, применимости и более полных (совершенных, строгих) понятий бесконечности.

2.1.2. Поскольку в определенных пространственно-временных масштабах оказывается возможным пользоваться вместо бесконечного достаточно большим или достаточно малым конечным, встает вопрос, не следует ли попытаться и в математике перекинуть некий мост через пропасть, отделяющую бесконечное от конечного?

Интересную попытку такого рода мы находим, например, у Бореля[1] в связи с проблемой вероятности и достоверности в тех случаях, когда в игру вступают числа «сверхастрономические». Проблема, которая, по-видимому, еще очень далека от решения, состоит в следующем: не должна ли математика быть «исправлена» в том смысле, чтобы такие «сверхастрономические» числа можно было бы считать не конечными, а бесконечными? В этом случае практическая бесконечность стала бы разновидностью, аспектом математической бесконечности.

2.1.3. Для первобытного человека не только Вселенная, но и наша планета по своей пространственной протяженности была бесконечной в смысле практической бесконечности. По-видимому, можно утверждать, что в этом смысле Вселенная должна считаться бесконечной сейчас и должна будет считаться на протяжении всей истории человечества.

2.2. Бесконечность как безграничность. Практическая бесконечность есть выход за определенную границу, определенный предел. Следующей ступенью абстракции является понимание бесконечности в качестве процесса или

[1] *Борель Э.* Вероятность и достоверность. М., 1961.

результата выхода за любой предел (в сторону увеличения или уменьшения). Этот шаг к следующей ступени был очень трудным и исторически, и логически. Это не только качественный скачок, но и подлинный прыжок в бездну. Мудрость греческих геометров, возможно, заключалась именно в том, что они, по выражению одного историка математики, «всегда останавливались перед этой бездной бесконечного». В апориях Зенона эта эпоха оставила будущим поколениям предостережение об опасностях бездны. Тем не менее, потребности познания заставили ринуться в бездну, и сразу же оказалось, что предостережения были вполне основательными. Характерно хотя бы то, что благодаря проблеме бесконечности к началу XVIII века стало модным выражение: «непостижимые загадки математики»!

Здесь не место останавливаться на всех перипетиях разрешения этих загадок, хотя они сами по себе представляют, возможно, одну из самых волнующих страниц истории человеческой мысли. Сейчас, ретроспективно, нам иногда даже трудно по-настоящему понять, в чем заключались сами трудности. Нам, например, нелегко представить себе, что долгое время после Ньютона и Лейбница бесконечно малые величины, бесконечно близкие точки на кривой и т.п. рассматривались в качестве некоего наличного бытия: сейчас мы начинаем изучение этих вещей, вооруженные с самого начала понятием предела, которое в истории математики явилось результатом мучительных исканий, получивших ответ лишь в начале XIX века в гениальных работах Коши. На место бытия стало становление, на место результата – процесс. Затем эти подходы причудливо чередовались, и сейчас, умудренные опытом прошлого, мы должны быть готовы признать, что бесконечность – это и бытие, и становление. В том или ином аспекте бесконечного превалирует то или другое (в бесконечности как безграничности – становление).

В геометрии понимание бесконечности как пространственной безграничности доминировало до Римана, в космо-

логии – до Эйнштейна, в философии – даже до наших дней (хотя попытка его преодоления была предпринята еще Гегелем примерно в одно время с Риманом).

В геометрии (и, как следствие, в космологии) такое понимание бесконечности было тесно связано с восходящим по крайней мере к Евклиду пониманием пространства как чисто количественной категории, как протяженности (в философской литературе с таким пониманием пространства можно встретиться по сей день). На этой основе еще в античное время делались попытки доказать бесконечность Вселенной (строго говоря – безграничность пространства) чисто логическим путем. Из любой точки пространства можно протянуть жезл (бросить копье), затем из достигнутой точки повторить это, и так все вновь и вновь, нигде не натыкаясь на границу[1]. Гегель выразил это так: мир нигде не заколочен досками. Он считал бесконечность пространства примером «дурной» бесконечности (бесконечности как отрицания конечности, бесконечности бесконечного прогресса): «Сначала ставят границу, затем переступают ее, и так до бесконечности»[2].

В этих рассуждениях предполагалось, что таким путем можно пройти сколь-угодно большое расстояние. Теперь мы знаем, что это не обязательно так. Проблема аналогична той, которая вызывала споры до путешествия Магеллана. Можно ли, плывя строго в определенном направлении, скажем, на запад, тем не менее оказаться в конце концов в исходной точке, вернувшись в нее с востока и покрыв при этом конечное расстояние? Сейчас положительный ответ столь же очевиден, сколь очевиден был отрицательный ответ лет пятьсот тому назад. Не обстоит ли дело так же при движении (протягивании жезла, бросании копья) в пространстве, не окажемся ли мы в результате движения строго в одном определенном направлении в конце концов

[1] *Лурье С.Я.* Очерки по истории античной науки, М.-Л., 1947.
[2] *Гегель.* Сочинения. Т. I. М-Л, 1929. С. 161.

в исходной точке, вернувшись в нее с противоположной стороны и пройдя конечное расстояние в пространстве?

Эта чудовищная, с точки зрения здравого смысла, т.е. привычных представлений, постановка вопроса стала естественной с созданием метрической геометрии Риманом.

2.3. Метрическая бесконечность. Это основное для современной (релятивистской) космологии понимание бесконечности. Это не «очень большое» древних и «сколь-угодно большое» дорелятивистской физики и математики, а понятие бесконечности, связанное с приписыванием пространству или пространству-времени наряду с чисто количественной характеристикой также некоей внутренней, качественной определенности (метрических свойств и важнейшего из них – кривизны).

Отсутствие у пространства каких бы то ни было границ еще не означает, что в нем имеется сколь-угодно большое расстояние (площадь, объем). Движение в таком пространстве в строго определенном направлении не обязательно будет удалять от исходной точки, но, в силу внутренней кривизны пространства, может завершиться возвращением в исходную точку с противоположной стороны. Безграничность пространства не означает его бесконечности.

С точки зрения нашей темы существенны следующие обстоятельства.

2.3.1. В своих предыдущих аспектах бесконечность выступала в качестве чисто количественного понятия; при этом пространство имело также только количественную определенность, а изучающая пространственные отношения наука – геометрия, как и математика в целом, могла трактоваться как наука о количественных отношениях. Одна область пространства могла отличаться от другой только количественно, числом содержащихся в ней кубических метров (или иных единиц объема), числом единиц длины по различным направлениям (осям). В метрической геометрии положение деликатнее. Пространство имеет внутреннюю, качественную определенность. Одна область пространства отличается от другой не только количественно

(протяженностью), но и качественно (метрикой, кривизной). Вместе с тем геометрия и вся математика перестает быть наукой о количественных отношениях. В дальнейшем, особенно благодаря топологии («качественной геометрии»), эта тенденция усиливается, в математику отчетливо проникает категория меры в диалектическом смысле, в смысле единства количества и качества.

Метрическая бесконечность не может рассматриваться как количественное понятие, здесь бесконечность тесно связывается с философской категорией меры. К этому обстоятельству мы еще вернемся.

2.3.2. В современной космологии наибольшее значение имеют простейшие (однородные изотропные) модели. Это определяется тем, что такие модели (модели Фридмана), во-первых, оказались достаточными, чтобы предсказать наиболее грандиозное явление природы, известное естествознанию XX века, – расширение Метагалактики; во-вторых, сравнение других, более сложных моделей с нашей частью Вселенной находится пока за пределами экспериментальных возможностей; в-третьих, в этих моделях структурные и иные отношения, естественно, относительно просты и в каком-то смысле даже наглядны, – в частности, пространство-время естественным образом расщепляется на единое «мировое» время и однородное пространство, в связи с чем возможна традиционная постановка вопроса о бесконечности в пространстве и времени.

Кривизна здесь однозначно определяет свойства конечности или бесконечности пространства: если кривизна положительна, то пространство конечно, если она отрицательна или равна нулю, то пространство бесконечно. Этим же определяется характер зависимости метрики от времени, т.е. характер эволюции модели. В первом случае кривизна со временем уменьшается, все расстояния увеличиваются, пространство расширяется; затем этот процесс замедляется и сменяется обратным (осциллирующая модель). Во втором случае расширение продолжается неограниченно (расширяющаяся модель). Современные наблюдательные данные,

как известно, недостаточно точны для того, чтобы сделать сколько-нибудь уверенный выбор между моделями.

На протяжении нескольких десятилетий эти упрощенные космологические модели в очень многих случаях, даже, как правило, истолковывались в качестве вполне адекватных моделей Вселенной, а метрическая бесконечность – как просто бесконечность, бесконечность вообще. Отсюда делался вывод, что вопрос о конечности или бесконечности Вселенной будет окончательно решен чуть ли не в ближайшие десятилетия, как только данные астрономических наблюдений станут несколько обширнее и точнее.

В зависимости от этого решается и вопрос о конечности или бесконечности времени. Если модели рассматриваются в качестве схематических моделей нашей Метагалактики, то начало расширения есть просто некий момент T на шкале времени; если же истолковывать модели как модели Вселенной, то говорить о времени до начала расширения в сколько-нибудь разумном физическом смысле (на современном уровне наших знаний) почти невозможно, и начало расширения есть в каком-то смысле «начало времени». Таков смысл распространенного термина «возраст Вселенной». Недоразумения усугубляются еще тем, что термином «Вселенная» пользуются то в прямом смысле, то в смысле «Метагалактика».

2.3.3. Однородные изотропные модели, несмотря на то, что они позволили предсказать важнейшую черту нашей области Вселенной – ее нестационарность, – все же представляют далеко идущую идеализацию действительности. Было бы, вероятно, просто наивно надеяться, что из всех возможностей, допускаемых уравнениями тяготения, природа использует именно ту, которая нравится нам из-за ее математической простоты. История науки предостерегает нас от таких утешительных иллюзий.

Вместе с тем разрушается иллюзия, будто нам (наконец-то!) удалось перебросить мостик через бездну бесконечности. Полуклассическая постановка вопроса, которая используется в простейших моделях, допускающих суще-

ствование и единственность физически преимущественной системы отсчета и связанное с этим однозначное расщепление пространства-времени на пространство и время, в общем случае оказывается невозможной.

В работах А.Л. Зельманова[1] показана относительность пространственной и временной конечности-бесконечности, зависимость этих свойств пространства и времени от системы отсчета. Объем пространства может быть конечен в одной системе отсчета и бесконечен в другой. Это же относится и к длительности процессов. Пространственно-временной каркас модели, оба сечения которого (и пространственное, и временное) бесконечны, может составлять лишь часть другого каркаса, притом с конечным пространством. Привычная интерпретация такой ситуации означала бы, что бесконечное есть часть конечного.

Классическая (дорелятивистская) постановка вопроса о бесконечности Вселенной включала следующие основные положения: а) бесконечность есть неограниченная протяженность; б) бесконечность Вселенной есть ее бесконечность в пространстве и времени; в) бесконечность и конечность – полностью взаимоисключающие понятия. Релятивистская космология заставляет отказаться от всех этих положений классической постановки вопроса. Бесконечность и конечность оказываются не только взаимоисключающими, но связанными диалектическим единством понятиями. Инвариантный, абсолютный смысл имеет только вопрос о конечности или бесконечности Вселенной в пространстве-времени, но не в пространстве и времени. При этом конечность и бесконечность следует рассматривать как некое внутреннее свойство континуума, его меру, а не только количественную характеристику.

Общий итог релятивистской космологии в интересующем нас вопросе формулируется так: в пространстве-времени Вселенная метрически бесконечна.

---

[1] *Зельманов А.Л.* ДАН, 124. 1030, 1959.

2.4. Топологическая бесконечность. В плане возрастающей общности геометрических идей (по Эрлангенской программе Клейна, сейчас следовало бы рассмотреть постановку проблемы бесконечности в аффинной и проективной геометрии. Однако имея в виду интересующий нас космологический аспект проблемы, такое рассмотрение, по-видимому, без ущерба для дела можно опустить и перейти сразу к наиболее общему, с точки зрения геометрии, аспекту вопроса – топологическому.

Метрические свойства многообразия сохраняются при его деформациях, оставляющих неизменными расстояния и углы. В наглядном случае двумерного многообразия (поверхности) такие деформации представляют собой всевозможные изгибы без растяжений и разрывов поверхности. Топологические свойства сохраняются при более значительных деформациях, таких, которые оставляют неизменными лишь связность поверхности, т.е., грубо говоря, его свойство состоять из одного или нескольких кусков. Поверхность можно любым образом изгибать, растягивать и сжимать, но без разрывов и склеиваний краев. (В общем случае трех- или многомерного пространства отсутствие разрывов означает непрерывность преобразования пространства, а отсутствие склеиваний – взаимную однозначность такого преобразования, то обстоятельство, что каждой точке недеформированного преобразования соответствует лишь одна точка деформированного и наоборот). Метрическое пространство есть частный случай топологического (всякое метрическое пространство есть и топологическое пространство, но существуют такие топологические пространства, которые не могут быть метризованы – понятие расстояния в них неприменимо).

Познание топологических свойств пространственно-временного континуума Вселенной, вероятно, явится одной из наиболее фундаментальных задач космологии недалекого будущего. Пока же здесь сделаны лишь первые шаги, и каждый из них связан с преодолением очень больших трудностей.

2.4.1. Выше (2.3.2) говорилось о том, что кривизна определяет свойство конечности или бесконечности пространства постоянной кривизны однозначно. Теперь пора уточнить, что это так только в случае односвязного пространства, в общем же случае по локальным свойствам пространства, определяемым метрикой, еще нельзя судить о его глобальных свойствах. Метрика на плоскости и на поверхности цилиндра – в точности одна и та же (евклидова), но на поверхности цилиндра существуют конечные расстояния, возвращающие кратчайшим путем в исходную точку. Топологически эти две поверхности различны (не гомеоморфны), ибо деформация, при которой из плоской полосы получается поверхность цилиндра, включает склеивание краев, т.е. нарушает требование взаимной однозначности соответствующих точек.

Роль топологических свойств пространства для релятивистской космологии в принципе известна очень давно. Когда Эйнштейн предложил исторически первую релятивистскую космологическую модель – статическую модель с пространством постоянной положительной кривизны, – он трактовал это пространство как «сферическое». Но Клейн тогда же показал, что это пространство можно трактовать и как «эллиптическое». Объем последнего вдвое больше объема «сферического» пространства. Но все же пространства постоянной положительной кривизны конечны (замкнуты). Однако отрицательная или равная нулю постоянная кривизна, т.е. случай, когда локально пространство имеет свойства бесконечного (открытого) пространства, еще не позволяет сделать вывод о том, что оно действительно бесконечно, ибо среди топологически различных типов таких пространств известны и замкнутые формы. Таким образом, локальные и глобальные свойства пространства могут быть не только различны, но даже противоположны (в тех пределах, в которых конечность и бесконечность могут противопоставляться друг другу).

Вообще в топологии простое противопоставление конечного (замкнутого) и бесконечного (открытого) становится

еще менее обоснованным, чем в метрической геометрии, их взаимоотношения становятся еще более сложными.

Следовательно, существуют по крайней мере две очень серьезные причины, в силу которых нельзя утверждать, что уточнение данных о кривизне метагалактического пространства позволит решить вопрос о том, конечна *или бесконечна* Вселенная. Во-первых, как уже говорилось выше (2.3.2), это было бы верно только в том случае, если бы мы могли быть уверены в том, что в природе реализуется наиболее удобная возможность – простейший случай пространства постоянной кривизны. Во-вторых, как мы видим сейчас, даже в этом случае все могла бы испортить каверзная топология.

2.4.2. Трудности, которые стоят на пути познания топологических свойств пространственно-временного континуума, можно (довольно условно, разумеется) разделить на две группы: математические и физические трудности. Начнем с первой группы.

Космология заинтересована в классификации возможных пространств (в математическом смысле) по их топологическим типам. Эта задача решена исчерпывающим образом только для двумерных пространств (поверхностей), во всяком случае, для замкнутых поверхностей. Задача *изыскания всех топологических типов многообразий* трех и большего числа измерений, по словам такого знатока топологии, как акад. П.С. Александров, «до настоящего времени остается безнадежно трудной».

Что касается наиболее важного для космологии вопроса о топологических свойствах пространства-времени (псевдориманова многообразия), то здесь, естественно, положение еще сложнее и, вероятно, таит в себе немало сюрпризов. Намек на то, что эти сюрпризы могут быть весьма разительного свойства, содержится в проблеме пространственных форм Клиффорда – Клейна, или локально евклидовых пространств[1]. Если рассматривать их в качестве подпространств римановых (псевдоримановых) пространств,

[1] *Картан З.* Геометрия римановых пространств, М.-Л. 1936.

то возникает возможность замкнутых во времени «миров», грубо говоря, возможность «путешествия в свое собственное прошлое», обращения направления времени вспять в результате перемещения в пространстве[1]. В какой мере и в каком смысле физически реализуема такая математическая возможность, это пока далеко не ясно, но ее существование, во всяком случае, является лишним предостережением против чрезмерно оптимистической оценки наших современных знаний о бесконечности.

Насколько я могу судить, те частные, но очень интересные результаты, которые получены в области топологии космологических моделей, получались двумя путями (или их сочетанием). Первый путь – это нахождение систем отсчета, наиболее подходящих к характеру задачи (подходящих с точки зрения тех или иных физических или математических критериев), и исследование свойств пространства или пространства-времени найденных систем отсчета. В качестве примера использования физических критериев можно указать на вакуольную модель Эйнштейна и Страуса[2] или известную абсолютно вращающуюся модель Геделя[3], которую считают важнейшим достижением теоретической космологии после Эйнштейна и Фридмана[4]. Пример использования математических критериев – ряд работ последних лет о внутреннем решении Шварцшильда (см., например[5,6,7]); к этим работам придется вновь обратиться в 2.4.4. Второй путь – это выяснение топологии данного многообразия путем его погружения в евклидово многообразие большего числа измерений. Так, например, прост-

---

[1] *Heckman O.* E. Schucking // Gravitation: an introduction to current research, ed. by Z.Witter, N.-Y., 1963. P. 443.

[2] *Einstein A., Straus E.* Rev.Mod. Phys., 17, 120, 1945.

[3] *Godel K.* Rev. Mod. Phys., 21, 447, 1949.

[4] *Гекман О., Шюкинг Е.* // «Строение звездных систем». М., 1962. С. 601, 628.

[5] *Finkelstein D.* Phys. Rev., 110, 965, 1958.

[6] *Fronsdal C.* Phis.Rev., 116, 778, 1959.

[7] *Kruskal M.D.* Phis.Rev., 119, 1743, 1960.

ранство-время простейших (однородных изотропных) моделей может быть вложено в пятимерное евклидово многообразие; в силу равноправия пространственных координат можно ограничиться одной из них и тогда получаются чрезвычайно наглядные «диаграммы Робертсона[1]». В некоторых более сложных случаях четырехмерное пространство-время «не помещается» в пятимерное евклидово многообразие, и приходится прибегать к шестимерному[2,3]. Но и тогда можно получить довольно наглядные диаграммы в виде трех- и двухмерных проекций интересующего нас сечения многообразия.

Сочетая указанные пути, по-видимому, можно продвинуться довольно далеко в выяснении топологических типов физического пространства-времени.

2.4.3. Кривизна метагалактического пространства, если она вообще существует, т.е. отлична от нуля, столь мала, что не может быть и речи об определении ее с помощью, например, астрономической триангуляции. Она вычисляется весьма косвенным путем, исходя из предсказываемой теорией связи метрики пространства с теми или иными наблюдательными данными внегалактической астрономии, причем получение последних находится на самом пределе возможности даже крупнейших современных инструментов. Но принципиальная сторона вопроса ясна: возможность наблюдательной проверки метрических свойств пространства следует из релятивистской теории тяготения, связывающей метрическую геометрию с физикой.

Вопрос о наблюдательной проверке топологических свойств пространства, а тем более, пространства-времени, намного сложнее, ибо не существует физической теории, которая связывала бы эти свойства с каким-либо конкретным физическим «агентом» – полем, типом взаимодействия и т.п. Поэтому здесь связь с опытом носит еще более

---

[1] *Robertson H.* Rev.Mod.Phys., 5, 63, 1933.
[2] *Kasner C.* An.J.Math., 43, 130, 1921.
[3] *Kruskal M.D.* Phys.Rev., 119, 1743, 1960.

опосредованный характер, чем в случае метрических свойств. Можно, например, искать наблюдательного подтверждения тех решений уравнений тяготения, которые связаны с «необычной» топологией; если такое подтверждение обнаруживается, то это может рассматриваться как косвенное свидетельство в пользу существования у реального пространства именно таких топологических свойств.

На одном из примеров такого рода стоит остановиться подробнее из-за его принципиального значения для проблемы бесконечности и ее связи с гравитацией.

В течение ряда лет делались попытки устранить сингулярности из космологических решений уравнений Эйнштейна или, по крайней мере, выяснить, насколько тесно они связаны с самими уравнениями. Сейчас эту трудную задачу можно, видимо, считать решенной[1,2].

Общий случай произвольного распределения материи не приводит к появлению физической особенности и связанной с нею ограниченности времени, о которой шла речь в 2.3.2. Этот вывод относится и к важному, с точки зрения астрономических приложений, случаю пространственной сферической симметрии[3]. Однако история науки любит парадоксы, и почти одновременно с устранением недостатка теории стало выясняться, что это, возможно, вовсе и не недостаток, а плодотворная черта теории: реальные гравитационные процессы действительно могут иметь исходным или завершающим пунктом состояние материи со сверхядерной плотностью, взрывной деформацией пространства и вырожденной метрикой. Открытие «сверхзвезд»[••] повлекло за собой очень интенсивное изучение таких процессов – гравитационного коллапса и антиколлапса. Можно

---

[1] *Зельманов А.Л.* ДАН, 135. 1367, 1960.

[2] *Лифшиц Е.М., Халатников И.М., Судаков В.В.* // ЖЭТФ, 39, 149, 800, 1960; 40, 1847, 1961; УФН, 80.

[3] *Новиков И.Д.* // АЖ, 38, 564, 1961; Вестник МГУ, сер. III, * 5, и 6, 1962; Сообщения ГАИШ,» 120, 1962; препринт.

[••] См. примечание в конце статьи.

даже говорить о зарождении на стыке астрофизики, космологии и космогонии новой научной дисциплины – релятивистской астрофизики.

Длительное время считалось, что существование сингулярной сферы Шварцшильда устанавливает предел геометрических размеров тела заданной массы, так что при гравитационном сжатии плотность вещества не может превзойти определенное конечное значение (см., напр.[1]). Вместе с тем подчеркивалось[2], что при очень высоких плотностях вещества уравнения Эйнштейна теряют силу. Начиная с известной работы Оппенгеймера и Волкова, постепенно росла уверенность, что при определенных условиях возможно катастрофическое сжатие гравитирующих масс «в точку» и взрывное расширение из «точки», что при этом выход энергии может на два порядка превышать выход при термоядерных реакциях, и, наконец, что «сверхзвезды», возможно, являются образцом таких процессов. Похоже, что границы Метагалактики также находятся внутри сферы Шварцшильда и космологическое расширение может интерпретироваться как антиколлапс Метагалактики[3].

Эта новейшая гравитационная экзотика существенна для нашей темы. Она показывает необходимость учета возможной неевклидовости топологии в космологии и даже в явлениях обычного астрофизического масштаба.

Она показывает также, что не только метрика, но и, вероятно, топология хотя бы частично может быть поставлена в зависимость от гравитации. Это открывает возможность физического, наблюдательного подхода к топологической структуре пространства-времени.

Процессы коллапса-антиколлапса существенно асимметричны по отношению к отражению времени (времениподобной координаты). В этом можно было бы искать объ-

---

[1] *Tolman R.C.* Relativity, Thermodynamics, and Cosmology. Oxford, 1934. С. 247.

[2] *Эйнштейн А.* Сущность теории относительности, М., 1955. С. 115.

[3] *Tolman R.C.* Relativity, Thermodynamics, and Cosmology. Oxford, 1934. С. 247.

яснение направленности времени, сказав, что «стрела времени» в нашей Метагалактике определяется ее расширением. В сжимающихся (коллапсирующих) метагалактиках направление течения времени является обратным, таким образом, можно было бы утверждать, что гравитация определяет не только метрику (шкалу, ритм) времени, но и такое глубоко топологическое его свойство, как ориентируемость.

Упоминавшаяся выше вакуольная модель показала, что свойства пространства-времени данной системы могут быть в высокой степени автономными, независимыми от метрики пространства и течения времени в окружающем мировом субстрате, каким бы он ни был. Рассматриваемый сейчас круг явлений сильно укрепляет этот вывод. Процессы, которые не могут завершиться в шкале времени (бесконечной!) внешнего наблюдателя, в собственном времени системы требуют лишь конечного времени. Мыслим такой вывод: длительность существования любых составных частей Вселенной конечна, но существуют и такие части, в которых само время ограничено (с одной или с обеих сторон). Это существенно иметь в виду, например, когда выдвигается постулат вечности Вселенной. Он имеет совершенно четкий смысл в рамках классической физики с его единым для всей Вселенной мировым абсолютным временем. На современном уровне наших знаний мы должны считаться, во всяком случае, с тем, что время, о котором идет речь в постулате вечности Вселенной, совсем не то время, которым мы пользуемся, назначая свидание, и даже не то, ритм которого определяется расширением нашей Метагалактики. Оно, в принципе, не только может отличаться по ритму, но и быть, например, обратным по направлению (своеобразный вариант флуктуационной гипотезы!) или еще хуже – ортогональным к нашему времени или замкнутым. Обо всем этом мы сейчас попросту не можем судить.

Пространственный аспект автономности не менее интересен. Пространство системы (например, Метагалактики), находящейся «под гравитационным радиусом», замкнуто. Формально, с точки зрения математической, это означает,

что никакая информация наружу и извне проникать не может – вне системы попросту ничего не существует, в том числе нет и пространства, пространство системы есть все пространство, и само понятие «внешнего» по отношению к нему лишено всякого смысла (именно такова, например, обычная трактовка понятия замкнутости Вселенной). Реальность оказывается «хитрее», замкнутость сложнее.

Существенна история замкнутой системы. Если система оказалась «внутри» сферы Шварцшильда в результате сжатия, то никакие сигналы, никакая информация ее покинуть не могут, пространство системы для них замкнуто. Тем не менее, внешний наблюдатель (в пространстве-времени окружающего космологического субстрата) может обнаружить существование системы, ушедшей под гравитационный радиус по создаваемому ею гравитационному полю. Если система еще не вышла из-под гравитационного радиуса, т.е. это состояние есть результат предшествовавшего расширения, то наружу может проникать любая информация, но зато не может поступать никакая информация извне. В первом случае система замкнута как источник информации, во втором – как ее приемник. Случай, когда система была бы замкнута в обоих смыслах, неизвестен.

Для того чтобы отличать такую замкнутость от строгой, математической, которая, возможно, вообще не реализуется в природе, ее следовало бы называть квазизамкнутостью или физической замкнутостью. Тогда мы имели бы здесь один из тех «типовых» случаев взаимоотношения между физическим и математическим, когда последнее является идеализацией первого: математическая замкнутость есть идеализация, предельный случай физического. Физическая замкнутость, в свою очередь, есть обобщение термодинамической, которая может рассматриваться в качестве частного случая физической замкнутости.

Уже из того, что топология таит в себе по крайней мере формальную возможность замкнутости времени, видна ее связь с проблемой причинности и еще шире – закономерности и случайности. С другой стороны, связь с этой про-

блемой просвечивает в том обстоятельстве, что физическую замкнутость можно интерпретировать в понятиях термодинамики и теории информации, для которых объединяющим является понятие энтропии, а связь энтропии с указанной проблемой общеизвестна. В следующем разделе эта гипотеза будет продвинута несколько дальше.

В заключение стоит отметить еще одну экзотическую особенность пространства-времени при шварцшильдовских плотностях вещества. Характерная черта найденных до сих пор систем отсчета, описывающих и внутренние, и внешние области, т.е. таких, в которых может быть представлен процесс ухода системы под гравитационный радиус или выхода из-под него, это то, что временная и одна из пространственных координат (радиальная) меняются ролями. Если бы мы хотели выразить это обстоятельство в привычных понятиях пространства и времени, нам пришлось бы сказать, что здесь происходит превращение пространства во время и времени в пространство! Независимость и различие пространства и времени, которым нередко пытаются дать даже философское обоснование, несомненно имеют место, но только для явлений определенных классов и масштабов; в общем же случае необходимо исходить из нераздельного единства пространственно-временного континуума, его метрических и топологических свойств.

2.5. Экстенсивная и интенсивная бесконечность. Еще мыслители античной эпохи пришли к выводу, что пространство может быть бесконечным не только «вширь» (экстенсивная бесконечность) но и «вглубь», в смысле бесконечной делимости (интенсивная бесконечность). Занимал их, кстати, главным образом этот второй аспект бесконечности, в котором были обнаружены апории, приковывающие вновь и вновь внимание математиков и философов вот уже более двух тысячелетий.

Считалось, что космологию интересует экстенсивная бесконечность. Сейчас этого утверждать уже нельзя. Есть явления (рассмотренные в предыдущем разделе), где она сталкивается с проблемами интенсивной бесконечности

и даже с обоими аспектами сразу. Возможно, что именно на пути к бесконечно малому будет в конце концов получен тот синтез представлений квантовой теории и общей теории относительности, который является вожделенной целью теоретической физики.

Психологически кажется естественным ожидать, что расстояние, отделяющее 10^{-13} см от нуля, преодолеть несравненно легче, чем расстояние, отделяющее 10^{27} см от бесконечности. Ведь последнее расстояние бесконечно велико, а первое практически бесконечно мало. Но опыт последних десятилетий научил нас иному: экспериментальные средства, с помощью которых можно сократить на порядок «путь, оставшийся до нуля», обходятся еще дороже, чем средства, увеличивающие на порядок путь, ведущий к бесконечности. Стоимость тех и других выражается уже почти «астрономическими» цифрами и имеет тенденцию быстро расти. Таким образом, мы убеждаемся очень наглядно в том, что раньше было ясно лишь умозрительно: для научного познания непройденный еще «к нулю» путь в 10^{-13} см ничуть не короче, чем бесконечно длинный путь, ведущий в экстенсивную бесконечность. Ни тот, ни другой не будут исчерпаны всем будущим развитием науки за сколь-угодно большой конечный срок (при все убыстряющихся темпах развития науки!).

Важнейшая, имманентная черта, общая интенсивной и экстенсивной бесконечности, – неисчерпаемость. Чрезвычайно важно подчеркнуть, что речь не идет только о практической, технической или познавательной неисчерпаемости. Все это только следствия или формы проявления качественной неисчерпаемости, присущей бесконечности. Опыт физики и астрономии свидетельствует о том, что каждый раз при существенном изменении пространственно-временных масштабов явлений, становящихся доступными для исследования, обнаруживаются качественно иные свойства, черты, закономерности; эти качественно различающиеся ступени или уровни как при движении в сторону больших, так и меньших масштабов, по-видимому, несчет-

ны, не могут быть исчерпаны – не просто практически, но и принципиально, в возможности, в потенции.

Выдвигались (и выдвигаются) гипотезы, которые в психологическом аспекте могут быть квалифицированы как оптимистические, вселяющие утешительную надежду, что при движении в одну из сторон (меньшего или большего) или в обоих направлениях лестница качеств или, точнее, мер, поскольку качество оказывается тесно связанным с количеством, будет исчерпана, что существует определенная граница (снизу или сверху, либо и снизу, и сверху) «потоку бесконечного». Назовем такие гипотезы гипотезами конечности.

Для экстенсивной бесконечности примеры приводились выше. Это, например, идея замены бесконечного в математике очень большим, но конечным (в числовом выражении – «сверхастрономическим» числом), а в космологии – идея пространственно конечной Вселенной. Можно упомянуть еще точку зрения Гильберта, согласно которой бесконечность есть лишь идея (правда, очень плодотворная), но она нигде не реализуется.

Упомянем об аналогичных гипотезах в отношении интенсивной бесконечности (интенсивной конечности). В теории элементарных частиц предположение об интенсивной бесконечности пространства и времени влечет (на современном уровне наших знаний) за собой вывод об экстенсивной бесконечности энергии, массы, заряда, что считается неудовлетворительным не только в вычислительном, но и в принципиальном отношении. Для преодоления этой трудности выдвигаются различные варианты гипотезы о дискретности пространства и времени, о том, что не существует интервалов меньше определенной малой, но конечной протяженности. Еще более радикальной является гипотеза конечного (на взгляд докладчика, лучше сказать, счетного) континуума: пространство состоит из большого, но конечного числа точек.

Разумеется, как и в случае концепции конечной Вселенной, было бы совершенно неверно сводить причины

появления таких гипотез к психологической, эстетической или идеологической области. Причина их появления прежде всего та, что они дают определенный эффект в физике, позволяют преодолеть или обойти определенные трудности, возникающие в ходе развития физических наук.

Надежда получить некое окончательное решение проблем пространственно-временного континуума с помощью гипотез конечности вряд ли оправдана. В этом отношении очень поучительна история релятивистской космологии.

Как известно, Эйнштейн надеялся вывести из своей теории тяготения однозначный вывод о пространственной конечности Вселенной. Но уже через несколько лет после появления этой теории А.А. Фридман показал, что она допускает как конечность, так и бесконечность Вселенной. В свете исследований последнего десятилетия стало ясно, что положение еще намного «хуже»: если бы даже и удалось доказать пространственную конечность (замкнутость), например, Метагалактики, то это вовсе не означало бы, что Вселенная сводится к Метагалактике. В физических приложениях, как мы видели, не только метрическая, но даже и топологическая замкнутость пространства далеко не абсолютна. Она означает всего лишь весьма сильную автономность данной физической системы. Если и «сверхзвезды», и Метагалактика суть антиколлапсирующие системы, то может существовать целая иерархия (в принципе, даже бесконечная иерархия!) замкнутых пространств.

Аналогичное положение может существовать и в микрофизике, словом, пространство может оказаться замкнутым не только сверху, но и снизу, в направлении бесконечно малого, но это также, вероятно, окажется не абсолютной, а относительной, физической замкнутостью.

Отсюда вместе с тем следует и полная правомерность изучения того, что могут дать гипотезы (постулаты) конечности в космологии и микрофизике. Это важно не только с точки зрения непосредственных физических приложений (релятивистская астрофизика), но и в интересах самой проблемы бесконечности. В силу «сопряженности» конечно-

сти и бесконечности познание бесконечности предполагает выяснение смысла и пределов применимости понятия конечного (замкнутого).

В области очень малых пространственно-временных масштабов, как и в области очень больших, свойства континуума могут очень радикально отличаться от привычных. Не только метрические соотношения могут быть иными, сами метрические понятия могут оказаться ограниченно или вовсе неприменимыми (неметризуемое топологическое пространство). Мало этого. Если, например, пространство микромира, начиная с каких-то масштабов, дискретно, то придется считаться с нарушением такого фундаментального топологического инварианта, как размерность пространства (число его измерений): дискретное пространство не трехмерно, а нульмерно. Если бы на основе каких-либо априорных соображений или нашего предыдущего опыта можно было предсказать, какие из известных свойств пространства-времени сохранятся в ультрамикроскопических масштабах (например, топологическое свойство – непрерывность), то можно было бы сэкономить миллиарды на строительстве ускорителей. К сожалению, это не так. Источником всех знаний, в том числе и философских, является опыт. На основе нового опыта нам много-много раз придется пересматривать наши представления о пространстве и времени, в том числе и философские представления. В соответствии с известным положением Энгельса, это придется делать «с каждым крупным открытием естествознания» в этой области.

2.6. Теоретико-множественная бесконечность. По современным представлениям топологические свойства пространства-времени – это наиболее общие его свойства, сохраняющиеся при наиболее глубоких деформациях (преобразованиях). Более общих геометрических свойств мы сейчас не знаем. И все же, возможен еще более общий, – так сказать, общематематический подход к проблеме. Поскольку всю современную математику проникают понятия

и методы теории множеств, такой подход является теоретико-множественным.

Но в современной математике топология и теория множеств настолько переплетаются между собой и с другими разделами математики, что определить точные границы их компетенции затруднительно. Столь же трудно провести грань между геометрией и остальной математикой. По словам акад. А.Н. Колмогорова, «вся та часть математики, в которой играет роль непрерывность, грозит сделаться геометрией, так как множество любых математических объектов (например, функций), в котором могут быть установлены топологические соотношения, может быть объявлена пространством. Таким образом, вместе с геометризацией всей непрерывной математики намечается исчезновение геометрии как самостоятельной и до известной степени противоположной всей остальной математике науки».

«Заметим здесь, – продолжает А.Н. Колмогоров, – что развитие общих геометрических идей в значительной мере задерживалось философскими спорами о природе пространства... Зато только после окончательного установления понятия абстрактного математического пространства приобрел ясный смысл и вопрос об устройстве физического пространства. Теперь вопрос этот ставится в такой форме: какое из многочисленных могущих быть построенными абстрактных математических пространств отражает с точностью, соответствующей нашим экспериментальным возможностям, строение физического пространства? Ответ на этот вопрос, естественно, может эволюционировать с ростом наших знаний»[1].

Что существенно нового вносит теория множеств в решение проблемы бесконечности?

Следует прежде всего подчеркнуть тесную связь теории множеств с этой проблемой. Сама теория возникла из стремления решить именно эту проблему. Можно сказать вместе с Э. Кольманом, что, «когда математики сделали

[1] *Колмогоров А.Н.* Сборник статей по философии математики. М., 1936. С. 10.

серьезную попытку преодолеть затруднения и противоречия, вызванные в математике понятием бесконечности, они создали теорию множеств»[1].

Теория множеств устранила те противоречия, для устранения которых она была создана, но отнюдь не противоречия вообще. На место устраненных противоречий встали новые, более глубокие, но они относятся не столько к сфере математики, сколько метаматематики, в частности, к проблемам оснований математики и математической логики).

Чтобы не отходить от основного – космологического – стержня доклада, целесообразно ограничиться перечислением лишь тех новых аспектов в понимании бесконечного, которые существенны для дальнейшего изложения.

Теория множеств позволяет охватить с единой точки зрения все рассмотренные до сих пор аспекты бесконечности. В частности, она разрешила те «непостижимые загадки математики», которые были упомянуты выше и связаны, прежде всего, с понятием предела в анализе. Как замечает Г. Вейль, «все грандиозное здание анализа приобрело несокрушимую крепость, оказываясь прочно заложенным и строго обоснованным во всех своих частях. Понятия анализа приобретают точность, а доказательства – безупречную последовательность»[2].

Теория множеств впервые в истории науки доказала возможность дать положительное определение бесконечности. До этого бесконечность могла определяться лишь отрицательным образом – как то, что не есть конечное, как выход за всякое конечное и т.п. Конечное, однако, само есть отрицание бесконечного. Получается порочный круг. Теоретико-множественное понимание бесконечности не связано с установлением и снятием какого-либо предела. Определяющая черта бесконечного множества, отличающая его от конечного, это то, что в нем существует подмножество, эквивалентное (равномощное) самому множе-

[1] *Кольман Э.* Предмет и метод современной математики. М., 1936. С. 71.
[2] *Вейль Г.* О философии математики. М.-Л., 1934.

ству. Я рискну сформулировать это так: для бесконечности существует такое качество, которое снимает в нем количественные различия. Таким образом, бесконечность не просто связана с категорией меры, что отчетливо видно уже на примере рассмотренных выше менее общих типов бесконечности, она порождает свою особую, специфическую меру. Существование «меры вещей» обнаруживается в том, что изменение количества только до определенной границы остается безразличным для качества. Но количество, развитое до предела и за всякий предел, теряет свое значение, переходит в чистое качество, но качество, не свойственное ни одной конечной вещи. Можно было бы сказать, что это есть качество, полученное в результате неограниченных чисто количественных изменений, но изюминка ситуации ведь заключается в том, что в теории множеств бесконечность не есть процесс или результат процесса, а нечто существующее, так сказать, изначально и в готовом виде. Мера здесь выступает как «статическое» единство качества и количества, но качественная определенность выражена столь ярко, что стирается значение количественной. Такое понимание бесконечности резко расходится не только с античным (бесконечность – определенное очень большое количество), но и вообще с господствующим и поныне представлением, согласно которому бесконечность есть количественное понятие.

Теория множеств снимает противоположность конечного и бесконечного. Для нее не существует никакой принципиальной разницы между конечными и бесконечными множествами. Элементы множества задаются указанием их свойства, качества. Сказать: «такое-то множество» или «такое-то свойство» – это одно и то же, и не имеет никакого значения, присуще это свойство одному объекту или таких объектов бесконечно много.

Однако теория множеств одновременно резко усиливает противоположность конечного и бесконечного. Они, если угодно, пребывают на разных логических основах. Поскольку бесконечное множество эквивалентно своему под-

множеству, то бесконечность явно нарушает аксиому Евклида (и самого «здравого смысла»!) «целое больше части».

Диалектичность теоретико-множественного понимания бесконечности этим отнюдь не ограничивается. Выше было подчеркнуто, что в теории множеств бесконечность есть качественное понятие. Но вместе с тем теория множеств впервые позволила по-настоящему, строго количественно различать разные бесконечности (понятие кардинального числа), более того, выяснила, что сам ряд мощностей бесконечных множеств бесконечен! Однако логика (арифметика) трансфинитных чисел отлична от обычной, так что возврата к чисто количественной бесконечности нет.

2.7. Актуальная и потенциальная бесконечность. В основе теории множеств лежит представление о существовании актуальной бесконечности. Выше это понятие неявно использовалось, разумеется. Но в силу его существенного значения для нашей темы на нем стоит остановиться особо.

До появления теории множеств математическая и философская мысль по существу не могла одолеть апории Зенона, доказывавшие невозможность актуальной (интенсивной, но фактически также и экстенсивной) бесконечности. Космологическая (экстенсивная) форма апории «Ахилл» отчетливо сформулирована в первой антиномии чистого разума Канта.

Всеобщее убеждение в невозможности актуальной бесконечности нашло выражение в известном изречении infinitum actu non datur – действительная (актуальная) бесконечность не дана (не существует). Против актуальной бесконечности высказывались философы такого калибра, как Аристотель, и математики такого калибра, как Гаусс. Многие современники Кантора во главе с Кронекером считали его настоящим еретиком. Против придания бесконечности какого бы то ни было реального значения решительно возражал виднейший математик Гильберт.

Но в сочетании слов «бесконечность Вселенной» бесконечность предполагается актуальной. Вселенная либо актуально бесконечна, либо она вообще не бесконечна. Это

обстоятельство очень четко выражено в случае метрической бесконечности в однородных изотропных моделях. Если в некий произвольный момент времени пространство конечно, то оно всегда было и будет конечным, и обратно. Конечное пространство не может стать бесконечным, бесконечное – конечным, его свойство быть конечным или бесконечным есть инвариант эволюции.

Однако это вовсе не означает, что потенциальная бесконечность не имеет отношения к космологии. Заслуга теории множеств заключается, кроме всего прочего, в том, что она, в сущности, показала неразрывную связь актуальной и потенциальной бесконечности. Математики хотели ограничиться признанием одной лишь потенциальной бесконечности. Но как показал Кантор, потенциальная бесконечность фактически предполагает актуальную. Если теория множеств и вместе с нею актуальная бесконечность в конце концов получили всеобщее признание, то это потому, что теория оказалась мощнейшим математическим инструментом, притом универсальным. К казавшейся совершенно еретической точке зрения о том, что бесконечность может рассматриваться не как процесс, который не может быть завершен, а как нечто данное, законченное, постепенно привыкли. Но актуальная бесконечность вовсе не устранила потенциальную. Не только потенциальная бесконечность предполагает актуальную, но, по крайней мере, в известной степени и наоборот, актуальная предполагает потенциальную. Действительное, наименьшее из трансфинитных чисел, алеф нуль, через которое определяются остальные, – это мощность множества натурального ряда чисел. Таким образом, то, что мыслится как завершенное, независимое от какого бы то ни было процесса, определяется здесь через процесс, который не может быть завершен.

Из этого, между прочим, видно, что и то решение проблем бесконечности, которое дается теорией множеств, не может быть окончательным. Обратимся опять к тонкому знатоку глубоких проблем математики Г. Вейлю. «В системе математики, – пишет он, – имеются два обнаженных

пункта, в которых она, может быть, соприкасается со сферой непостижимого. Это именно принцип построения ряда натуральных чисел и понятие континуума. Все остальное... представляет собой задачу формальной логики, не таящую уже в себе никаких трудностей и загадок... Теория множеств надеется и в этих двух пунктах возвести прочную плотину и запрудить поток бесконечного, грозящий затопить в своем течении наш дух[1]». Такая плотина еще не возведена и похоже, что не может быть возведена средствами теории множеств в существующем виде.

Каков, однако, прообраз потенциальной бесконечности в космологии? В общем виде ответ на этот вопрос, видимо, может быть примерно таков. Понятие актуальной бесконечности в математике идеализирует действительное положение вещей в том смысле, что рассматривает их как некую готовую, заданную, устойчивую совокупность. Но релятивистская космология установила нестационарность Вселенной (ее составных частей). Поэтому свойства Вселенной, в том числе и пространственно-временные, представляют устойчивое в изменении, и могут существовать лишь как результат многообразных процессов, нарушающих устойчивость. Потенциальная бесконечность является отражением этой стороны дела.

2.8. Метаматематическая бесконечность. Этим намеренно неоднозначным термином я хочу привлечь внимание к возможности дальнейшего обобщения понятия бесконечности в различных направлениях, которые по-разному выводят за пределы представлений, существующих в современной математике.

Во-первых, мыслимы обобщения основного для современной релятивистской космологии аспекта бесконечности – метрического – и усложнение основного понятия метрической геометрии – понятия кривизны. Одно из простейших предположений этого рода – наличие у пространства или пространства-времени второй кривизны (спиральности).

---

[1] *Вейль Г.* О философии математики. М.-Л. 1934. С. 18.

Во-вторых, не исключена возможность дальнейшего обобщения самой геометрии в смысле обнаружения у пространства-времени свойств, еще более устойчивых, чем топологические. При этом может претерпеть изменение и наиболее общее в геометрии понимание бесконечности – топологическое.

В-третьих, возможны изменения, которые явились бы метаматематическими в буквальном значении этого слова, т.е. выводящими за теоретико-множественные основы современной математики. Не только вся релятивистская теория тяготения, из которой исходит современная космология, но и теория поля вообще и вся теоретическая физика в целом строится на том самом теоретико-множественном понимании континуума, которое, по словам Вейля, является одним из двух обнаженных пунктов современной математики. Центральный пункт этого понимания – представление о точечном множестве, множестве, в котором можно с помощью понятия предельных точек подмножеств ввести понятие непрерывности. Представление об пространственно-временном континууме как реализации математического континуума (актуально бесконечного) может подвергнуться ревизии в различных направлениях, мыслимо, например, что макроскопическая непрерывность (пространства, времени, движения, существования частиц) имеет статистический характер, что в основе ее лежит дискретность пространства, времени, траектории, самого бытия частиц[1,2].

Выше (2.4.3) уже говорилось о связи между проблемами топологии и причинности (случайности). Связь эта, по-видимому, идет еще дальше, проникая в теоретико-множественное понимание континуума. Современная математика, возможно, нащупывает эту связь в исследованиях, связанных с мерой множества (в смысле Лебега). Послед-

---

[1] *Кузнецов Б.Г.* Сб. Эйнштейн и развитие физико-математической мысли. М., 1962. С. 195 и сл.

[2] *Рашевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М., 1953. С. 628.

няя представляет собой интересный пример меры в общем (философском) смысле; в то же время она позволяет оперировать с такими множествами (абстрактными пространствами), которые плохо поддаются иным подходам; вместе с тем она является одним из центральных понятий в современной теории вероятностей, т.е. в науке о случайном (наука – отнюдь не враг случайностей!).

И все же наибольший «практический» интерес представляют не те метаматематические аспекты бесконечности, которые связаны с буквальным пониманием этого прилагательного, а с более распространенным, включающим в метаматематику те разделы математики, для которых еще не найдено (и, возможно, не будет найдено) место в старых, классических ее разделах (теория информации, теория игр, конечная, или дискретная математика, математическая логика и т.д.). Особенно важен логический аспект проблемы бесконечности и, соответственно, изучение этой проблемы средствами математической логики. Несмотря на то, что этот аспект весьма важен и для космологии, ему, по-видимому, уделялось очень немного внимания. Это является следствием характерной для нашего времени дифференциации науки, малой осведомленности специалистов о действительном положении дел за пределами узкой области своих интересов. Физики часто склонны думать, что вся сложность проблемы бесконечности Вселенной в том, что наблюдательные данные пока слишком ненадежны, что же касается математической, тем более – логической стороны дела, то, слава богу, здесь все ясно. Математики, наоборот, склонны думать, что хоть в физике (космологии) все достаточно ясно, поскольку все решается наблюдением, экспериментом. Специалисты по логике, возможно, полагают, что трудности есть и в математике, и в физике, но не логического порядка.

Между тем, пикантность ситуации состоит прежде всего в том, что в утверждениях типа «Космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)» чаще всего остается совершенно неясным, что понимается под космологи-

ей, под доказательством, под Вселенной и под бесконечностью. Действительно, уже одно обилие прилагательных (астрономическая, физическая, наблюдательная, теоретическая и т.п. космология) свидетельствует о том, что применяющие их авторы сознают неопределенность термина «космология»; обычно, однако, эти прилагательные тоже ничего не проясняют, кроме желания автора подчеркнуть независимость своих построений от философии (и, возможно, логики). «Доказывает» в данном контексте тоже может совершенно ничего не доказывать, ибо из многовековой истории, попыток доказать пятый постулат Евклида хорошо известно, насколько призрачными становятся даже геометрические доказательства, стоит им только соприкоснуться с бесконечным. «Вселенная» в одной только физико-математической литературе употребляется в пяти-шести существенно различных значениях, причем на протяжении одной страницы или даже одной фразы может происходить переход к другому значению. Наконец, как мы видели, существует по крайней мере десяток разных типов «бесконечности». Во всем утверждении «Космология доказывает, что Вселенная бесконечна (конечна)» остается единственное недвусмысленное слово – служебное слово «что». Этот пример достаточно красноречиво говорит о необходимости хотя бы минимального уточнения логического статута основных понятий, связанных с бесконечностью.

Специально вопрос о логическом статуте бесконечности в релятивистской космологии исследует Э.М. Чудинов. Полученные им результаты, если я правильно их понимаю, могут быть резюмированы так. Бесконечность не выводима, не доказуема и не опровержима. Всякое доказательство бесконечности чего бы то ни было с самого начала предполагает существование чего-то бесконечного. При этом, разумеется, очень важно, чтобы в посылке не фигурировала та же самая бесконечность (тот же тип бесконечности), что и в выводе. Но, в конечном счете, утверждение о бесконечности всегда носит аксиоматический характер. Таково положение в классической математике. Но поскольку реляти-

вистская космология использует именно такое понятие бесконечности – метрическое, являющееся частным случаем теоретико-множественного, – все это относится и к космологической бесконечности.

Эти выводы очень важны, и к ним придется вернуться в § 4.

§ 3. Бесконечность в космологии

Состояние проблемы бесконечности в космологии определяется в любую заданную эпоху тремя обстоятельствами. Первое – это состояние проблемы в математике. Вследствие этого космология до середины прошлого века могла оперировать только понятием бесконечности как неограниченной протяженности. Второе – это физическая теория, связывающая свойства пространства-времени с физическими свойствами материи. Поскольку до Эйнштейна свойства пространства-времени считались независимыми от свойств материи, космология продолжала оперировать этим пониманием бесконечности вплоть до 1916 года. Можно было высказывать лишь догадки о том, что метрика и топология физического пространства могут быть неевклидовыми (Риман, Клиффорд, Клейн и др.). Третье – это возможность сравнивать космологические построения с данными наблюдений, т.е. сравнивать предсказания физической теории и через нее соответствующий математический эталон бесконечности с реальностью. Даже самая волнующая космологическая гипотеза не будет приниматься всерьез, пока не выясняются возможности ее наблюдательной проверки. Так было с теорией Фридмана до начала 30-х годов, и по этой же причине топология в космологии до сих пор мало популярна, хотя в принципе ее значение известно в течение полувека.

И все же то, что мы узнали о топологических свойствах пространства-времени за последнее десятилетие, уже требует принципиальных изменений в постановке космологической проблемы. Проблема ставилась так. В первом при-

ближении свойства изученной части Метагалактики можно считать такими, что законно пользоваться *понятием* универсального для всей этой области («мирового») времени и однородного изотропного пространства. В этом случае по локальным свойствам пространства – по метрике – можно установить, конечно оно или бесконечно. Поскольку метрические свойства пространства (ее кривизну) можно установить по данным астрономических наблюдений, эти данные, если они достаточно точны, являются решением проблемы, Если, например, кривизна положительна, то пространство Метагалактики замкнуто, и Метагалактика и есть Вселенная.

В результате исследований, выполненных за последнее десятилетие, сейчас следует признать, что все намного сложнее. Замкнутость космической системы есть физическая замкнутость, из нее ни в какой мере не следует, что помимо такой системы ничего не существует. Сейчас известно около десятка «сверхзвезд», и каждая из них может иметь свое физически замкнутое пространство и свой собственный ритм времени, не связанный с ритмом времени в остальных частях Метагалактики. Так же может обстоять дело с самой Метагалактикой в ее отношениях с окружающей средой.

Поэтому мы должны разделить проблему бесконечности в космологии на две существенно различные части, две проблемы. Первая проблема – это проблема конечности или бесконечности конкретных космических систем, в частности, Метагалактики. Это чисто физическая проблема, относящаяся к компетенции релятивистской астрофизики и релятивистской космологии. Она может ставиться и решаться обычным, «стандартным» образом, т.е. так, как это обычно и делалось до сих пор, с той, однако, поправкой, что топологическая сторона вопроса приобретает почти решающее значение.

Вторая проблема или вторая часть проблемы – это несравненно более сложная проблема бесконечности Вселен-

ной. Это пограничная проблема естествознания и философии. Она может решаться только общими усилиями физики, астрономии, математики и философии и не может решаться ни одной из этих наук в отдельности. Процесс решения этой проблемы не может состоять из конечного числа этапов и завершиться за конечное время возможного существования любой из цивилизаций (включая земную). Но этим не уменьшается научное и мировоззренческое значение тех частных и попутных результатов, которые получаются в ходе решения проблемы.

Если бы мы даже могли каким-то образом узнать решение, соответствующее уровню знаний, скажем, середины XXI века (не говоря уже об «окончательном» решении), от этого не было бы никакой пользы. Учитывая темп развития науки, мы смогли бы воспользоваться этим решением наверное не в большей мере, чем первобытный человек смог бы воспользоваться найденным в лесу реактивным самолетом.

Содержание понятия бесконечности изменялось очень мало на протяжении двух тысячелетий – от античности до XVII и даже XIX века. Но за последние сто, пятьдесят и десять лет оно претерпело весьма существенные изменения. Экстраполяция на ближайшее будущее позволяет предсказать, что в ближайшие полтора десятка лет будет сделано больше научных открытий, чем за всю предыдущую историю человечества. Вполне естественно ожидать, что за этот срок и понятие бесконечности в математике, космологии и, будем надеяться, философии претерпит новые достаточно существенные изменения.

§ 4. Философский статус бесконечности

4.1. Природа понятия бесконечности. Все сказанное выше вряд ли оставляет место для сомнения в том, что бесконечность – понятие математическое. Оно проникает всю

математику. Более того, можно, как это делает Вейль, определить саму математику как науку о бесконечном[1].

Космология использует это же математическое понятие бесконечности. Но как обстоит дело с философией?

К ответу на этот вопрос целесообразно подойти несколько кружным путем.

4.2. Беглый исторический экскурс в философию бесконечного. Нет сомнения, что в течение очень длительного времени философы (Анаксагор, Зенон, школа Демокрита, Аристотель, Августин и др.) вносили бóльший вклад в решение проблемы бесконечности, чем математики. Начало «современному» этапу в развитии учения о бесконечном положили независимо друг от друга математики (Риман, Кантор) и философы-диалектики (Гегель, Энгельс). Однако с этого времени прогресс в математике был непрерывным и все ускоряющимся, тогда как в философии, по-видимому, не появилось ничего существенно нового. Возник все увеличивающийся разрыв.

Заслугой Гегеля было то, что он ясно почувствовал неполноту современного ему понятия бесконечности, бесконечности как отрицания конечности, как неограниченности. Он называл такую бесконечность «дурной» (неразумной) и противопоставлял ей истинную (разумную) бесконечность. Приводимые Гегелем примеры истинно бесконечного (окружность, уравнение кривой) в ретроспективной оценке следует признать неудачными, но сама постановка вопроса была правильной и предвосхищала последующее развитие математики. Астрономия «достойна изумления не вследствие такой (неразумной – *Г.Н.*) количественной бесконечности, а, напротив, вследствие тех отношений меры и законов, которые разум познает в этих предметах и которые суть разумное бесконечное в противоположность указанной неразумной бесконечности[2]». Разумное бесконечное, в отличие от неразумного, должно

---

[1] *Вейль Г.* О философии математики, М.-Л. 1934. С. 9 и 90.

[2] *Гегель.* Соч. Т. V. М., 1937. С. 267.

быть «положительным и наличным», т.е., как мы сказали бы сейчас, актуальным, а не потенциальным.

Эта программа была реализована Риманом и особенно Кантором, которые, видимо, ничего не знали об этой программе. В теории множеств бесконечное определяется не через «дурной прогресс», а именно через закон, свойство, которые делают элементы бесконечного множества таковыми; и благодаря этому, как уже подчеркивалось, бесконечность приобретает черты особого качества и меры. Бесконечность здесь, далее, не есть процесс или прогресс, вообще нечто потенциальное, отрицание конечного, выхождение за него, а в полном соответствии с требованием Гегеля – «положительное и наличное».

В ретроспективной оценке ясно, что работы Римана и Кантора составили эпоху в истории математики и человеческой мысли вообще. Но такие работы, как правило, остаются незамеченными современниками. Не приходится особенно удивляться, что они остались неизвестными Энгельсу, коль скоро даже среди специалистов-математиков они либо не привлекали особого внимания (работы Римана), либо вызывали резкие протесты (работы Кантора). В работах Энгельса, как и Гегеля, отражается дориманoвское состояние проблемы бесконечности, неудовлетворенность этим состоянием и обусловленные диалектическим методом прозорливые мысли, выводящие за пределы тогдашнего состояния проблемы.

В «Анти-Дюринге» и «Диалектике природы» Энгельс применяет термин бесконечность в четырех значениях, причем не всегда легко уловить, какое именно значение имеется в виду в том или ином отрывке.

1) Вслед за Гегелем Энгельс считает пространство и время чисто количественными категориями[1], их бесконечность – образцом дурной бесконечности[2], истинную бесконечность видит в процессе природы и истории[3].

---

[1] *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. Т. 20. С. 550.

[2] Там же. С. 552.

[3] Там же. С. 551.

В соответствии с этим и дориманoвыми математическими представлениями Энгельс определяет бесконечность пространства и времени как их неограниченную протяженность: «Вечность во времени, бесконечность в пространстве, – как это ясно с первого же взгляда и соответствует прямому смыслу этих слов, – состоят в том, что тут нет конца ни в какую сторону, – ни вперед, ни назад, ни вверх, ни вниз, ни вправо, ни влево[1]».

2) В ряде мест[2] речь идет о практической бесконечности.

3) В рамках гносеологической проблемы Энгельс применяет термин «бесконечность» в некоем переносном значении, в качестве эквивалента абсолютности, всеобщности, завершенности, закона[3], с точки зрения «бесконечности интеллектуального мира[4]».

4) Наконец, бесконечность в значении реальной бесконечности[5], отражением которой является математическая бесконечность.

В обстановке догматизма и буквоедства, причины которых хорошо известны, положениям Энгельса было придано в нашей философской литературе значение, обратно пропорциональное их действительному значению: определение, сводящее бесконечность к безграничности, которое уже в момент написания не вполне соответствовало уровню науки, а к нашему времени просто безнадежно устарело, было канонизировано и до самого последнего времени определяло постановку вопроса в учебниках, энциклопедиях, справочниках, монографиях; напротив, положению о реальной бесконечности и связанному с ним диалектическому анализу, которое и сегодня, несмотря на годы бурного развития математики и космологии, звучит по-современ-

[1] Там же. С. 49.
[2] Там же. С. 581–586
[3] Там же. С. 548–549.
[4] Там же. С. 88.
[5] Там же. С. 343, 586

ному, не было уделено почти никакого внимания. Энгельс, например, сумел увидеть в бесконечности «непреодолимую качественную противоположность» тогда, когда ее было увидеть очень трудно[1], а наши философы 90 лет спустя, когда качественную определенность бесконечности при мало-мальски тщательном анализе ситуации трудно не увидеть, продолжают интерпретировать бесконечность в математике как чисто количественную.

В 50–60-е годы XX века пионерами в философской разработке проблемы бесконечности явились В.И. Свидерский[2] и С.Т. Мелюхин[3]. Трактовка проблемы в этих работах была заметно выше среднего уровня, но сам этот уровень был крайне невысоким. Эти и последующие работы никак не могли заполнить образовавшийся между точными науками и философией разрыв, который к тому времени стал колоссальным. В соответствии с общепринятым стилем тех лет авторы исходили из философских положений Гегеля и Энгельса, а математический и естественнонаучный материал (крайне ограниченный) привлекали для иллюстрации соответствующих философских положений, причем сам материал, сами факты оценивались с точки зрения их философской приемлемости или неприемлемости. Неприемлемым фактам «давался отпор». Авторов, конечно, за это нельзя было бы упрекнуть, если бы эти тенденции не были продолжены в значительно более поздних работах[4].

В книге[5] сперва дается философское доказательство бесконечности пространства, а затем уже ставится вопрос о

---

[1] Там же. С. 574.

[2] *Свидерский В.И.* Вестник ЛГУ. 5, 1956.

[3] *Мелюхин С.Т.* Проблема конечного и бесконечного. Философский очерк. М. 1958.

[4] *Свидерский В.И.* Философское значение пространственно-временных представлений в физике. Л., 1956.

[5] *Мелюхин С.Т.* Проблема конечного и бесконечного. Философский очерк. М., 1958.

том, какие из выводов космологии должны быть приняты и какие – отвергнуты. «Рассмотрим... каким образом может быть доказано положение о бесконечности пространства... Логичнее всего, на наш взгляд, выводить ее из бесконечности самой материи». Каково же доказательство бесконечности материи? Коль скоро невозможно выйти за пределы материи, то нельзя говорить о ее ограниченности, из чего следует (!), что материя бесконечна... Само определение предела уже означает выход за него и переход к более обширной области. Поскольку эту операцию (мысленную! – *Г.Н.*) можно повторять неограниченно, то отсюда следует, что пространство бесконечно»[1].

Постановка вопроса близка к той, которая имеется у В.И. Свидерского: «Если мы говорим о бесконечности материи, материального мира и т.д., мы подразумеваем, что отсутствует предел материи»[2].

В обоих случаях бесконечность рассматривается как неограниченность, отсутствие предела, выход за предел. Самое существенное, что дала наука за последние сто лет, – то, что бесконечность не сводится к неограниченности, – осталось вне внимания авторов. Отсюда и односторонняя оценка современной космологии. Под заголовком «Антинаучность исходных принципов и выводов современных релятивистских космологических теорий» В.И. Свидерский доказывает «метафизический, искусственный и откровенно поповский характер» всей релятивистской космологии[3]. Такие оценки в свое время были у нас почти общепринятыми, но в 1956 году это был уже явный анахронизм.

Гегель был в определенной мере прав, когда называл тогдашнюю математическую бесконечность «дурной». Работы В.И. Свидерского проникнуты тенденцией оценивать

---

[1] Там же. С.165.

[2] *Свидерский В.И.* Вестник ЛГУ, 5. 1956. С. 45.

[3] *Свидерский В.И.* Философское значение пространственно-временных представлений в физике. Л., 1956. С. 261.

таким же образом все богатство современной математической бесконечности, чтобы вместо нее развить совсем другое, истинное, философское понятие бесконечности: «О бесконечности в материальном мире можно говорить лишь в смысле абсолютного характера движения и развития материи...»[1]; «решение вопроса о бесконечности пространства и времени следует искать лишь на основе понятий абсолютности и относительности их»[2]. Почему абсолютность или, скажем, всеобщность, первичность, субстанциональность вдруг нужно называть еще и бесконечностью, это так и остается неясным. Отражает ли философское представление о бесконечности ту же самую объективную реальность, что и философское? По Свидерскому получается, что нет, что совершенно разные вещи лишь имеют одинаковое имя. Этот разрыв еще больше подчеркивается своеобразным применением термина «реальная бесконечность». Под нею подразумевается отнюдь не то объективное, что приближенно отражается и математикой, и философией, а само философское отражение в его отличии от математического, которое, якобы, не только не истинно, но и не имеет дела с реальной бесконечностью!

Но то, что было более или менее верно полтораста лет тому назад, во времена Гегеля, перестало быть верным после того, как математика давно и с лихвой выполнила программу Гегеля, когда она стала опережать философию, находящуюся все еще в плену доримановых (1854 г.) представлений, примерно на сто лет. Именно философы канонизировали «дурную» бесконечность, а потом стали искать некоего натурфилософского решения проблемы, отважно игнорируя огромную работу, проведенную «по другому ведомству».

Все наши знания, в том числе и философские, имеют опытное происхождение. Свой «опытный материал» со-

---

[1] *Свидерский В.И.* Вестник ЛГУ. 5, 1956. С. 40.

[2] *Свидерский В.И.* Философское значение пространственно-временных представлений в физике. Л., 1956. С. 277.

временная философия должна черпать не столько из старых текстов, сколько из нового опыта конкретных наук. Философские представления о бесконечности должны складываться на основе обобщения математических и космологических представлений о ней. Те и другие подвержены непрерывному изменению, развитию, углублению.

4.3. О месте бесконечности в системе категорий. Представляется, что из беглого очерка типов бесконечности (§ 2) достаточно ясно видно, что из всех философских категорий бесконечность естественнее всего связывается с количеством, качеством и особенно – мерой. Это было гениально подмечено еще Гегелем. В свете нашего современного, несравненно более богатого опыта, связь стала гораздо очевиднее и конкретнее по форме.

На мой взгляд, философская разработка проблемы бесконечности и должна прежде всего состоять в конкретном анализе того, как в аспектах бесконечности проявляется мера и какие изменения в связи с этим может претерпеть сама категория меры в философии.

Развертывание бесконечности – развертывание меры. В этом суть.

В.И. Свидерский, как мы видели, сделал упор на другом. Видимо, под влиянием Спинозы, Гегеля и Энгельса он воспринял тезис о бесконечном как абсолютном, перенес его из сферы гносеологического в онтологическую и сделал исходным пунктом учения о конечном и бесконечном. В связи с этим мера начинает играть подсобную роль: бесконечность есть мера как проявления, реализации абсолютного в относительном, так и выражения абсолютного относительным. Разумеется, исследование связи бесконечности с абсолютным и относительным не бесполезно; автора этого доклада, например, именно этот подход окончательно убедил в своей малоперспективности.

4.4. О философском и естественнонаучном доказательстве бесконечности Вселенной. Одним из основных тезисов В.И. Свидерского, который он неизменно повторяет

с 1956 года, является тезис об определенном что ли превосходстве философии над естествознанием. «Доказательство методами естествознания как конечности, так и бесконечности материального мира в пространстве и времени невозможно в принципе»[1]. Правда, в недавней статье – льщу себя надеждой, что не без влияния критики[2] – этот тезис смягчен: «Окончательное доказательство методами естествознания как конечности, так и конечности материального мира в пространстве и времени невозможно в принципе». Однако такая поправка мало что спасает. Никакое доказательство бесконечности по самой сути вещей не может быть окончательным – процесс познания бесконечности по необходимости бесконечен. Если же имеется в виду, что философия, в отличие от естествознания, имеющимися у нее сейчас средствами может дать окончательное доказательство бесконечности Вселенной, то это означало бы допущение априорного знания в философии.

Раньше утверждалось, что проблема бесконечности составляет компетенцию исключительно философии, а не конкретных наук; сейчас смягчено и это положение: «проблема составляет компетенцию прежде всего философии[3]». Думаю, что из всего изложенного выше следует, что она не относится к компетенции философии и «прежде всего», а есть пограничная проблема математики, естествознания и философии.

Еще более важный вопрос, однако, заключается в следующем: возможно ли вообще доказательство бесконечности Вселенной какими бы то ни было методами, все равно, естественнонаучными или философскими? Если в слово «доказательство» вкладывается обычный смысл (логическое доказательство), то по причинам, приведенным в 2.8,

---

[1] *Свидерский В.И.* Вестник ЛГУ. № 5. 1956. С. 46, 36.

[2] *Наан Г.И.* О бесконечности Вселенной // Вопросы философии. № 6. М., 1961.

[3] *Свидерский В.И.* О философском понимании конечного и бесконечного // Вопросы философии. № 6. 1964. С. 46.

на этот вопрос следует ответить отрицательно. Поэтому нет смысла продолжать спор о методах доказательства.

Далеко не все можно доказать. Вывод всегда следует из каких-то посылок, которые, в свою очередь, выводятся из других посылок и т.д. Бесконечный регресс попыток невозможен, что-то должно приниматься без доказательства, в качестве аксиом (постулатов). Критерием при этом является «очевидность», но этот критерий в ходе познания изменяется, иногда очень кардинально. Изюминка ситуации в отношении данной проблемы состоит, однако, в том, что аксиомой в доказательствах бесконечности всегда является та или иная аксиома бесконечности же. В этом смысле бесконечность недоказуема.

О доказательстве бесконечности можно говорить лишь в некоем переносном смысле, в смысле неизменного апостериорного *подтверждения постулата бесконечности*. Ситуация вполне аналогична, например, постулату материальности мира. Последняя, как говорит Энгельс, если и доказывается, то только длинным и трудным развитием философии и естествознания. Можно было бы, конечно, зачислить такого рода доказательства в разряд логических – индуктивных доказательств через простое перечисление при отсутствии противоречащего случая, – но вряд ли это стоит делать, поскольку убедительность их при этом не возрастает, а уменьшается, ибо известно, что эти доказательства становятся тем более зыбкими, чем большей общностью обладает доказываемый тезис.

Несколько отвлекаясь в сторону, замечу, что в том обстоятельстве, что великое множество вещей не имеет «окончательных» доказательств или вообще недоказуемо строго, нет ничего плохого. Это надежное средство против застоя и окостенения мысли, против прекращения прогресса, это очень плохо лишь для всех видов самодовольного догматизма и авторитаризма, чуждого духу диалектики.

4.5. Современная постановка проблемы бесконечности. Вопрос о методах доказательства бесконечности Вселен-

ной не только в значительной мере беспредметен, но и не соответствует больше нашему уровню знаний. В свете нашего нового опыта сама постановка проблемы, видимо, должна быть коренным образом изменена.

Извечная постановка проблемы, унаследованная также и в релятивистской космологии, и в философии, состоит в следующем. Имеется определенное понятие бесконечности, эталон бесконечности; спрашивается, соответствует ли Вселенная этому эталону.

Такая постановка вопроса была вполне естественной до тех пор, пока можно было считать, что эталон, которым мы располагаем, является единственно возможным и потому – окончательным. Поскольку на протяжении двух с лишним тысяч лет эталон оставался неизменным, было естественно считать, что так оно и есть. Но на протяжении последнего столетия мы наблюдаем быстрое изменение эталона, замену одних эталонов другими. Задолго до того, как удается в должной мере сравнить реальность с действующим в данное время эталоном (например, метрическим), выясняется его недостаточность, появляются более совершенные эталоны.

В этой обстановке традиционная постановка вопроса становится неестественной, естественно поставить проблему наоборот. Проблема бесконечности состоит не в том, насколько Вселенная соответствует нашему понятию бесконечности, а наоборот, в том, насколько наши быстро изменяющиеся представления о бесконечности соответствуют Вселенной. Если трудно отказаться от привычного вопроса о «доказательствах», то можно было бы сказать примерно так. То обстоятельство, что мы в физико-математических науках «жить не можем без бесконечности», сталкиваемся с нею на каждом шагу, притом так, что она выступает во все новых и новых аспектах, свидетельствует о том, что у Вселенной есть некое свойство, некая черта, некая особенность – такая, что мы не можем ее познавать,

не прибегая к понятию бесконечности; это свойство (черту, особенность, атрибут) можно назвать реальной бесконечностью, бесконечностью Вселенной и видеть в наших развивающихся представлениях о бесконечности отражение реальной бесконечности.

4.6. Качественная бесконечность. Бесконечность и неисчерпаемость. В заключение я хотел бы поставить еще один вопрос, не принадлежащий, видимо, к числу легких.

По традиции пространственно-временную и вообще математическую бесконечность рассматривают как количественную бесконечность. Наряду с нею приходится считаться с чем-то таким, что называют либо качественной бесконечностью Вселенной, либо неисчерпаемостью ее свойств, либо качественной неисчерпаемостью. Встает вопрос о взаимоотношении этих двух характеристик.

Выше было подчеркнуто, что «обычная» бесконечность ни в коем случае не является только количественной, она столь же качественна, как и количественна. Но это еще не есть решение вопроса. Истинная бесконечность – качественное многообразие, включающее в себя бесконечность пространства и времени. На современном научном уровне эта точка зрения наиболее подробно развита в работе А.Л.Зельманова[1]: «Бесконечность материального мира есть его бесконечное многообразие, реализующееся в пространстве и во времени»[2]; «один из самых существенных аспектов бесконечности материального мира связан с проблемой конечности и бесконечности пространства и времени»[3].

У докладчика нет вполне определенной, сложившейся точки зрения по этому вопросу. Аргументация Зельманова и других авторов представляется довольно убедительной. Тем не менее докладчик считает своим долгом указать на возможность и иной постановки вопроса.

---

[1] *Зельманов А.Л.* Сб. Диалектика в науках о неживой природе. М., 1964.
[2] Там же. С. 227.
[3] Там же. С. 256.

Дело в том, что бесконечность включает в качестве существенной черты или следствия неисчерпаемость. Я не уверен, что верно и обратное утверждение, поэтому был бы готов скорее включить неисчерпаемость (многообразие) в бесконечность, чем бесконечность в многообразие.

Еще античные мыслители, в частности, школы Демокрита, считали, что в бесконечности и вечности все, что возможно, должно и существовать. С точки зрения А.Л. Зельманова также представляется плодотворной «идея, согласно которой во Вселенной осуществляется все многообразие физических условий и явлений, допускаемых основными физическими законами»[1]. Предпосылкой или условием осуществимости неисчерпаемого многообразия является пространственно-временная бесконечность Вселенной.

Март 1965 года

Примечания редактора (*В.В. Казютинский*)

* Симпозиум по проблеме бесконечности Вселенной в современной космологии состоялся в мае 1965 г. (Москва). Статья печатается по тексту препринта, представленного автором на симпозиум.

** В статье упоминается устаревший термин «сверхзвезда». Речь идет о квазарах.

[1] Там же. С. 260.

В.Д. Захаров

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ (Аспект бесконечности)

1. Что такое Вселенная? Антиномия Канта

Чтобы говорить о таком свойстве мира, как его пространственная или временная протяжённость, надо предварительно договориться об определениях. Что такое для нас «мир»? И что такое для нас пространство и время? Ни одно из этих понятий к настоящему времени не может считаться прояснённым в достаточной степени.

«Мир», «Вселенная», «природа» употребляются как синонимы, а что это такое? Если считать, что кроме природы нет ничего, т.е. нет никаких внеприродных сил и содержаний, то такое воззрение можно назвать «природоверием»[1]. Если придерживаться этого взгляда, то сам вопрос «что такое природа?» нельзя будет даже поставить. Слово «природа» будет означать «всё», «всё на свете», «всё, что есть», а большей бессмыслицы и придумать невозможно. Всякое определение есть ограничение, а «всё, что есть» не допускает ограничений. Вот и подумайте, что такое «вся Вселенная» или «Вселенная в целом». Известный космолог А.Л. Зельманов попробовал подумать. «Вся Вселенная, пишет он[2], означает все области Вселенной безотноситель-

---

[1] Термин взят у известного писателя К. Льюиса. См. Льюис Кл.С. Чудо. М., 1991.

[2] *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной // Бесконечность и Вселенная. М., 1969.

но к ней и друг к другу». Вселенная определяется, как видим, через Вселенную (да ещё безотносительно к ней самой). «Вселенная в целом, читаем далее, есть Вселенная, рассматриваемая как единый объект, безотносительно к его частям[1]». Но о подобном «едином» рассуждал ещё Платон[2]: оно всегда тождественно себе, не имеет «иного», не допускает частей (множественности) и не допускает, следовательно, познания.

О познании Вселенной можно говорить, лишь рассматривая её в третьем смысле, на котором и акцентирует внимание Зельманов. Это третье определение – «Вселенная как целое». Это есть «Вселенная, рассматриваемая в её отношении к любым своим частям, и все её части, рассматриваемые в их отношении к ней (к целому)». В результате А.Л. Зельманов принимает следующее определение для науки, изучающей Вселенную: «Космология есть физическое учение о Вселенной как целом, включающее в себя теорию всего охваченного астрономическими наблюдениями мира как части Вселенной[3]».

Однако понятие «Вселенная как целое» имело бы смысл, если бы мы уточнили, что такое «Вселенная по отношению к своим частям», а именно по отношению к охваченной наблюдениями её части. Здесь мы сталкиваемся с проблемой *экстраполябельности*[4]: правомерно ли судить о Вселенной как целом, основываясь на сведениях, получаемых лишь об одной её части – той, что охвачена нашими наблюдениями? Много ли «охватывают» астрономические наблюдения? Аномалии в видимых движениях галактик давно уже убедили астрономов в существовании «скрытой», т.е. *ненаблюдаемой* («тёмной») материи, причём теперь уже установлено, что в основном (на 96%) Вселенная именно ненаблюдаема. Можно ли на основе наблю-

---

[1] Там же. С.277.

[2] *Платон.* Парменид // Соч.: В 3 т. Т. 2. М., 1970.

[3] Там же. С. 277.

[4] *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной // Бесконечность и Вселенная. М., 1969.

дений предполагать, что Вселенная *везде* такая же, как её «ойкумена», т.е. наблюдаемая её часть?

С другой стороны, проблема экстраполябельности имеет философский аспект. *Отвлечённое познание, или познание в понятиях, всегда основано на экстраполябельности.* Мы всегда экстраполируем уже готовые понятия на всё новое и новое, прежде для нас неизведанное. Ведь познать нечто новое в понятии – это значит уловить в новом для нас общее с тем, что уже знакомо нам и подведено под уже известное нам понятие. Это и называется *познаваемостью мира* – когда нам почему-то позволяется открывать в новом, незнакомом, общее с уже знакомым. Всегда ли нам это позволяется? Мы не можем априори утверждать, что *всегда*, т.е. что мир *до конца* познаваем. Но в той мере, в какой это позволяется, объект познания *x* есть *заданный нам* предмет внешнего опыта, иначе мы не могли бы сравнить его со знакомым. «Предметное познание» (термин, введённый С.Л. Франком), выражающееся в суждениях типа «*x* есть *A*», предусматривает *знание* того предмета *x*, на которое направлена наша познающая мысль, и потому оно попадает в ловушку известного сократовского парадокса: *если я хочу что-то узнать, то я уже должен знать то, что я хочу узнать*. Потому что, если бы я этого не знал, то как же я *узнал бы* искомое? Ведь чтобы узнать, *я должен знать* то, что я ищу.

Этот парадокс Сократа, выражающий его неизменную *иронию* к человеческому знанию, присутствует во всех феноменологических теориях современной физики, а их методологические истоки ведут к И. Канту. Именно Кант впервые обосновал предметное знание – как знание, основанное на естественной причинности («сплошная связь всех явлений в контексте природы есть непреложный закон[1]»). Объяснение нового через уже известное – это то, что мы называем естественной каузальностью. Она и лежит в основе *природоверия*, которое означает, что у природы *нет окон*, т.е. она есть нечто целое, в себе замкнутое. Если

[1] *Кант И.* Критика чистого разума // Соч.: В 6 т. Т. 3. М., 1964. С. 481.

Вселенную возможно рассматривать как нечто *целое*, то это потому, что все явления в ней взаимообусловлены универсальной естественной каузальной связью[1]. Уничтожьте эту универсальную «сплошную связь», и во Вселенной появятся *окна*, которые ведут в неизвестность. Оттого Кант так тщательно отделял физическое естествознание от метафизики; он закрыл для физики «окна», ведущие в мир свободы.

Чтобы избежать ловушки сократовского парадокса, мы должны знать, что такое объект *x*, называемый «Вселенной в целом»; только тогда можно говорить про его пространственно-временные свойства. Казалось бы, природоверие позволяет легко достичь цели – определить «Вселенную как целое». Поскольку естественная каузальность относится только к сфере феноменов («явлений опыта»), нам остаётся понимать «Вселенную как целое» так, как И. Кант понимал «мир» – как совокупность всех явлений, данных нам в опыте чувственных созерцаний[2]. Это видно из того, что «физическая космология», имеющая предметом «Вселенную как целое», полностью принимает все принципы кантианского трансцендентального «мира»: она основана на экстраполябельности от наблюдаемого, любые же наблюдения, любой физический эксперимент апеллируют к чувствам (физический прибор – не что иное, как усовершенствование наших органов чувств). Итак, примем установку Канта: мир нам *дан* в наших чувственных созерцаниях. Но дан – это не значит познан. Является ли он каким-то определённым, завершённым понятием? Иными словами, удалось ли Канту определение искомого объекта *x*, «Вселенной как целого»?

---

[1] См. об этом у Канта: «Природа же, понимаемая substantive (по существу), означает совокупность явлений, поскольку они находятся во всепроникающей связи друг с другом благодаря некоторому внутреннему принципу причинности». Кант И. Критика чистого разума // Соч.: В 6 т. Т. 3. М., 1964. С. 398.

[2] «Здесь речь идёт только о mundus phaenomenon... уточняет Кант, причём от упомянутых условий чувственности никоим образом нельзя отвлекаться, не уничтожая сущности этого мира». Там же. С. 411.

Не случайно кантианскую философию природы я назвал термином Кл. Льюиса – «природоверием»: она есть именно *вера*, а не знание. Её нельзя обосновать, находясь в сфере опыта, т.е. не привлекая метафизику. Когда мы говорим: «вне этого ничего нет», то такое утверждение предельно далеко от какого бы то ни было «опыта» и не поддаётся проверке. Послушаем мнение датского философа Х. Гёфдинга по поводу кантианского определения «мира». Он замечает, что «понятие это никогда не может быть завершено. Ничто, данное нам в опыте, не является абсолютно законченным; к имеющимся данным опыта постоянно присоединяются новые, требующие для своего определения новых понятий... Мы стремимся все данные нам целостности объединить в одной, высшей; и как бы далеко мы ни продолжали эту работу, перед нами будет все снова и снова вставать тот же самый вопрос... Таким образом, понятие "мира" есть в сущности ложное понятие[1]».

Что ж, Гёфдинг прав: если бы так определяемый «мир» не был ложным понятием, то Канту не удалась бы его антиномия бесконечности мира в пространстве и во времени. На мой взгляд, космологическая антиномия была придумана Кантом именно для того, чтобы показать ложность определяемого им «мира». Кант хорошо видел, что его «мир» можно уподобить понятию «четвероугольная окружность». Про неё можно одинаково утверждать, что она кругла и что она не кругла. То и другое будет и истинно, и ложно. Кант ставит вопрос: конечен ли этот его «мир» или бесконечен? И также: имеет ли он начало во времени? При доказательстве антитезиса антиномии о времени он пишет: «Допустим, что мир имеет начало во времени...». Тогда, продолжает он, «должно было существовать время, в котором мира не было...[2]». (Аналогичное рассуждение проводится относительно существования «мира» в пространстве). Кант доказывает неразрешимость своей антиномии приведением

---

[1] *Гёфдинг Х.* Философия религии. СПб, 1912. С. 40.

[2] *Кант И.* Критика чистого разума // Соч.: В 6 т. Т. 3. М., 1964. С.405.

к абсурду, ибо приходится «принять эти две бессмыслицы – наличие пустого пространства вне мира и пустого времени до мира[1]». Но тут Канту можно задать вопрос: а почему пространство и время, существующие без всякого «мира», бессмысленны? Чтобы утверждать это, нужно было бы предварительно дать определения пространства и времени вне зависимости от понятия «мир», т.е. от самого «опыта». Но вы нигде не найдёте у Канта этих определений, потому что в области метафизики, по Канту, теряют смысл и время, и пространство, и причинность. Поэтому пространство и время у него – существующие в нашем рассудке непонятные «формы» организации нашего непонятного «опыта», формы, необходимые для осуществления предметного познания. А кто сказал, что этот его «мир» познаваем? Никто не сказал, просто Канту так хочется. Про то, как оперирует Кант с понятиями времени и пространства, А.Ф. Лосев[2] выразился следующим образом. В своём критицизме, говорит он, Кант не отнёсся критически именно к этим понятиям – времени и пространства, а *навязал* им такую роль формы чувственной интуиции, чтобы они могли производить синтетические суждения a priori. Кант верит в познаваемость мира – и потому ему абсолютно необходимы синтетические априорные суждения. И вместе с тем мир для него не есть мир действительный, мир вещей. Представьте себе: Кант верит в познаваемость «мира», про который с одинаковой достоверностью можно утверждать и его познаваемость, и его непознаваемость.

2. Как должна строиться космология?

И. Кант попытался дискредитировать метафизику с помощью своих *неразрешимых* антиномий, в которых не мо-

[1] Там же. С.409.

[2] *Лосев А.Ф.* Диалектические основы математики // Лосев А.Ф. Хаос и структура. М., 1997. С. 119.

жет быть снято противоречие между тезисом и антитезисом. Кант хотел показать, что мышление, оторванное от образов чувственных созерцаний, неизбежно приводит разум к спору с самим собой, к собственным противоречиям. На мой взгляд, наоборот, противоречия лежат не в природе разума – они возникают, когда мы категории разума прилагаем к «действительности», т.е. к миру собственного чувственного опыта. Ложен не разум – ложна действительность.

Гегель утверждал постулат тождества разума и действительности во спасение классического рационализма, задолго до него провозгласившего тождество бытия и мышления: «порядок идей тождественен порядку вещей» (Спиноза). Против этого принципа и выступил Кант, который назвал его «трансцендентальной иллюзией разума». Этот «синдром» разума заключается в том, что он может иллюзорно принимать собственный продукт за объективное бытие. Кант подверг сомнению не самое бытие, а наивное представление рационалистов о том, что мир объектов познания есть бытие и бытие есть мир объектов. Сила и плодотворность кантовской критики состояла именно в том, что он противопоставил друг другу бытие и сознание, тогда как Гегель отождествил их («всё действительное разумно», «всё разумное действительно»).

И. Кант покушался на рационализм в его главной претензии на познаваемость бытия: разум не может даже определить, что такое бытие; его познавательная функция (предметное познание) относится только к миру чувственно постигаемых феноменов. Можно ли было с этим смириться? Рационализм боготворил всемогущество человеческого познания, а Кант, наоборот, предупреждал, что именно наше познание нас и обманывает. Всё, что мы можем познать предметным знанием, – это лишь *тени*, отбрасываемые вещами на наше сознание, причём это наше познание не может дать нам какого-либо представления, сколь малую часть предметной реальности выражают отбрасываемые ею тени. Эта кантианская критика до сих пор не опровергнута. Её пытались лишь обойти, используя не-

определимость самого разума. (Гегель приписал разуму свойство бытия, Фихте – способность творить бытие).

Но, как бы Кант ни отгораживал физику от метафизики, с XX века стало ясно, что демаркационной линии между физикой и метафизикой более не существует. И привело к такому убеждению само развитие физики: ноумены (в виде геометрических пространств) уже давно стали объектами физики[1]. Методология «предметного знания» исчерпала себя; природоверие рухнуло: в изучаемом физикой мире появились «окна» в мир свободы. Появилась возможность говорить о *свободе в природном мире*[2], той свободе «в природе вещей», о которой ещё в древности говорил Эпикур. Вместе с предметным познанием обнаружил свою неосновательность принцип экстраполябельности: нельзя от «видимого» идти к «невидимому», потому что «невидимое» составляет сам предмет физического знания. Изменился принцип построения теории. Нельзя восходить к теории от фактов: этот позитивистский «принцип индуктивизма» был в пух и прах раскритикован К. Поппером, показавшим, что в этом случае теория оказывается *нефальсифицируемой* – само сопоставление теории с фактами приобретает характер банальности (тавтологии). Подлинная физическая теория строится на метафизических постулатах, и только благодаря этому проверка теории с помощью эксперимента и наблюдений оказывается по-настоящему доказательной.

Теперь ясно, что нельзя довольствоваться кантианским определением «мира». «Вселенную как целое» мы должны

---

[1] А. Пуанкаре проводит строгое различие между «физическим пространством» – пространством образов нашего чувственного опыта – и *геометрическим пространством*. Геометрическое пространство, с его математической непрерывностью, требует понятия иррационального числа – символа, совершенно отличного от чувственных созерцаний. Как подчёркивает Пуанкаре, геометрическое пространство – это чистое создание разума, в котором чувственный опыт совершенно не участвует (А. Пуанкаре. Наука и гипотеза).

[2] *Захаров В.Д.* Свобода в природном мире // Спонтанность и детерминизм. М., 2006.

рассматривать в антикантианском духе – как то, что было запрещено «Критикой чистого разума», а именно: как *бытие,* как ноумен. Только на этом пути можно дать не зависящие от «опыта» определения пространства и времени и поставить вопрос о конечности и бесконечности Вселенной. Для кантианского «мира» этот вопрос нельзя было корректно ставить, и это отметил Н. Бердяев[1]: «Так как этот мир не есть вещь в себе, ноумен, то он не существует ни как бесконечное, ни как конечное целое... Мир явлений не дан, как целокупное... Именно в нём-то и нельзя преодолеть антиномии».

Предмет космологии должен быть метафизическим: он находится по сторону «демаркационной линии». «Вселенная как целое» не формируется из наблюдений, это – объект чисто умозрительный. (Из предыдущего ясно, что только в этом случае имеет смысл наблюдательная проверка космологических моделей, строящихся как ноумены)[2].

Такого рода понимание предмета космологии несовместимо с философским позитивизмом. Его может принять только философия, которая избирает своим предметом бытие. В XX веке некоторые философы так и определяют философию – как «культуру размышления о возможности помыслить начало бытия[3]». «Разум не может называться ра-

---

[1] *Бердяев Н.А.* Опыт эсхатологической метафизики. Париж, 1947. С. 82.

[2] К сожалению, у многих философов до сих пор сохраняется стойкое убеждение, что физика и метафизика разделены демаркационной линией. Так, В.В. Казютинский пишет: «Я считаю, что другие вселенные и сейчас являются объектами *физическими*, а не метафизическими, поскольку они сконструированы средствами теоретической физики, а не философской онтологии» (В.В. Казютинский. Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007). Между тем, теория Мультиверса, как бы к ней ни относиться, являет собой выразительный пример того, как созданные теорией *физические* объекты являются в то же время в полном смысле метафизическими. И созданы они не философской онтологией, а онтологией, лежащей в основе физической теории.

[3] *Библер В.С.* Что есть философия? // Вопросы философии. 1995. № 1. С. 160.

зумом, если он лишён стремления *обосновать* изначальное начало, замкнуть его на себя[1]».

3. Относительность конечности и бесконечности Вселенной

Не углубляясь далее в философский вопрос о соотношении мышления и бытия, посмотрим на космологию сегодняшнего дня в её классическом, общепризнанном варианте – на фридмановские модели однородной и изотропной Вселенной. Они строились на чисто умозрительном (метафизическом) пути, как решения чисто умозрительно полученных уравнений гравитационного поля, вне какой-либо связи с наблюдениями. Никакой индукции от фактов к теории, никакого «предметного познания». И даже принцип однородности и изотропии формулировался не как принцип экстраполябельности (от наблюдений – к ненаблюдаемому), а чисто умозрительно. (Фридман не знал, конечно, ни о какой скрытой материи, но в силу умозрительного характера моделей ему не нужно было о ней знать: в гравитационных моделях и тёмная, и светящаяся материя проявляют себя совершенно одинаково).

В этих умозрительных моделях удалось, наконец, разобраться с тем, что понимается под временем. Релятивистская физика покончила с понятием тотальной причинности, характерной для предметного познания. Каузальная связь оказалась невозможной между событиями, разделёнными пространственноподобным интервалом; физическая причинность осуществляется только с помощью сигналов, распространяющихся по временноподобным линиям. Новое, геометрическое определение причинности дало возможность геометризовать время: его измерение теперь сводилось к измерению пространственных длин. В областях же акаузальности время как физическая величина отсутствует. Вне границ светового конуса сама временнопо-

[1] Там же. С. 164.

добная координата t (или $x^0 = ct$) становится мнимой, ибо становится мнимым 4-мерный интервал между двумя мировыми точками: для любой точки пространства $\Delta s^2 = c^2t^2 < 0$. Мнимость «времени» означает, что оно перестает определять физическую причинность, а значит, утрачивает физический смысл. Это видно хотя бы из того, что в области комплексных чисел утрачивает смысл главное характеристическое свойство времени – его направленность, так как для комплексных чисел нельзя определить упорядоченность типа больше – меньше. (Попытки некоторых теоретиков, вроде С. Хокинга, ликвидировать космологическую сингулярность – возникновение Вселенной из точки – переходом к мнимому времени противоречат, по нашему мнению, сути физической причинности, установленной теорией относительности).

Таким образом, понятие «геометрическое время» имеет смысл лишь тогда, когда есть вещество, распространяющееся с подсветовой скоростью. Время только тогда возникло, когда в процессе Большого взрыва, после стадии инфляции, возникли первые элементарные частицы. Этот момент есть точка отсчета геометрического времени, для которого никакого «до того» не существует. «До того» не было никакой физической причинности; Вселенная, следовательно, *не могла возникнуть причинным образом*, т.е. во времени[1].

---

[1] Не случайно говорят, что «теория Большого взрыва не включает в себя взрыв». (См. *Грин Б.* Ткань Космоса. Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С.528). Это означает, что Большой взрыв не есть событие, которое произошло «в момент времени нуль», приведя Вселенную к существованию. Нельзя ставить вопрос, *где* и *когда* произошёл Большой взрыв, потому что ни времени (геометрического), ни пространства, ни самой системы отсчёта, в которой они определены, в условиях самой задачи не могло существовать. По этой причине и последующая инфляция не может пониматься как раздувание (не существовавшего ещё) пространства, по часам наблюдателя, измерявшего (не существующее ещё) геометрическое время. В дальнейшем мы говорим только о времени и пространстве, определяемых в рамках *космологии*, основанной на уравнениях общей теории относительности, а эти уравнения перестают работать в условиях Большого взрыва.

Понятие геометрического времени дало возможность определить, что такое означает объём (конечный или бесконечный) трёхмерного пространства космологической модели. Выяснилось, что это понятие имеет смысл не во всех системах отсчёта, допустимых в общей теории относительности (ОТО). Сама система отсчёта (как физический объект, в отличие от системы координат) в ОТО определяется именно как совокупность (конгруэнция) *линий времени*, или мировых линий, вдоль которых изменяется только временноподобная координата x^0. Чёткое определение пространства данной системы отсчёта было дано А.Л. Зельмановым. Пространство в ОТО определяется не абсолютно, а лишь как «пространство в данный момент времени», или пространственное сечение (t = const) в 4-мерном мире Эйнштейна, а оно в разных системах отсчёта по-разному ориентировано относительно линий времени. Пространство имеет смысл (т.е. однозначно определено) лишь в том случае, если оно *голономно*, а это значит: в любой мировой точке пространственные сечения ортогональны линиям времени. (Тогда для всего 4-мерного мира существует однозначно определённое время, так и называемое – *мировым* временем). А.Л. Зельманов получил инвариантное (в пределах данной системы отсчёта, т.е. «хронометрически инвариантное») условие голономности пространства данной системы отсчёта.

В общем случае анизотропной неоднородной Вселенной понятие пространства не имеет однозначного смысла. Так, если система отсчёта сопутствует вращающейся материи, то её пространство не может быть голономным. (В такой системе отсчёта теряет смысл также понятие единого геометрического времени, потому что отсутствует единый способ синхронизации событий). В случае же фридмановских моделей всегда существует (сопутствующая веществу) система отсчёта с голономным пространством, и можно ставить вопрос о величине его объёма, ре-

шаемый вычислением тройного интеграла по пространственным координатам[1].

Известно, что космология Фридмана не даёт однозначного ответа на вопрос о конечности или бесконечности пространства: она допускает как замкнутые модели (при $k = +1$, где k – параметр пространственной кривизны), так и открытые (при $k = 0$ и $k = -1$). Причём конечность и бесконечность пространства рассматриваются как взаимоисключающие возможности. Таким образом, космология никак не разрешала вопрос, конечна или бесконечна Вселенная в пространстве. Но, как замечает А.Л. Зельманов, это происходило только потому, что сам вопрос о конечности и бесконечности пространства решался по отношению к одной, физически преимущественной системе отсчёта – сопутствующей веществу. Тем самым обходился вопрос о возможной зависимости конечности или бесконечности пространства от движения системы отсчёта. Между тем, в теории относительности инвариантны, то есть независимы от выбора движения системы отсчёта, лишь свойства 4-мерного мира, но не его расщепление на пространство и время. «В таком случае, – спрашивает А.Л. Зельманов, – не может ли зависимость свойств *рассматриваемых порознь* пространства и времени от движения системы отсчёта простираться так далеко, чтобы затрагивать конечность или бесконечность пространства?[2]».

Чтобы получить ответ, надо было рассмотреть вопрос в чистом виде, т.е. отрешиться от привилегированных систем отсчёта – избавиться от сопутствия их материи, а проще всего – совсем изгнать из фридмановских моделей материю. ОТО допускает такие модели (называемые *пусты-*

---

[1] Раз мы говорим об *объёме* трёхмерного пространства, то, следовательно, под его бесконечностью мы понимаем так называемую «метрическую бесконечность» (см. классификацию типов бесконечности, данную Г. Нааном. См. *Наан Г.И.* Понятие бесконечности в математике и космологии // Бесконечность и Вселенная. М., 1969.

[2] *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной // Бесконечность и Вселенная. М., 1969. С. 314.

ми), ибо в ней искривленное пространство-время может существовать автономно, без порождающей кривизну материи. Для таких моделей А.Л. Зельманов и получил свой замечательный результат[1]: бесконечное пространство одной системы отсчёта может оказаться конечным с точки зрения другой системы отсчёта, движущейся относительно неё. Наиболее выразительным этот результат оказался для 4-мерных миров де Ситтера – пустых миров при $\Lambda > 0$ (Λ – космологическая постоянная; это космическое поле сейчас считается ответственным за наблюдаемое ускорение расширения Вселенной). А.Л. Зельманов рассмотрел три типа таких миров, 4-мерная метрика которых задана в системах отсчёта Ланцоша («мир Ланцоша»), Леметра и Робертсона (миры Леметра и Робертсона). Каждый из миров Леметра и Робертсона в своей системе обладает бесконечным пространством. Но из координатной связи этих миров с миром Ланцоша следует, что эти миры составляют лишь *часть* мира Ланцоша, в системе которого они, однако, имеют конечные пространства.

Для случая непустых фридмановских моделей результат А.Л. Зельманова принципиально остаётся тем же, поскольку для них сохраняется понятие пространства. Ставить же вопрос о конечности и бесконечности пространства анизотропной неоднородной Вселенной, вообще говоря, невозможно, потому что теряет смысл сам объект, пространство. Вывод таков: в тех случаях, когда пространственный объём Вселенной существует как понятие, то его конечность или бесконечность относительна, т.е. зависит от наблюдателя.

Зависимость рассматриваемых по отдельности пространства и времени от движения системы отсчёта естественным образом порождает и другой вопрос: не простирается ли она столь далеко, чтобы затрагивать конечность и бесконечность времени? И в этом случае вопрос также имеет смысл лишь там, где само понятие времени имеет смысл. Так как Вселенная как целое не могла возникнуть

[1] *Зельманов А.Л.* Докл. АН СССР. Т. 124. № 5. 1959. С. 1030.

во времени (геометрическом), вопрос можно ставить лишь для отдельных её объектов (подсистем). Для отдельного объекта всегда можно ввести преимущественную сопутствующую ему систему отсчёта, геометрическое время которой называется *собственным временем* объекта. И тут оказалось, что существуют (в геометрическом времени) объекты, для которых время протекания одного и того же процесса в одной системе отсчёта конечно, а в другой – бесконечно. Объект такого рода был теоретически предсказан в работе Оппенгеймера и Снайдера ещё в 1939 году[1]. Это сфера из идеальной жидкости, неограниченно сжимающаяся (коллапсирующая) под действием собственных гравитационных сил. Неограниченное сжатие приводит к тому, что эта сфера *за конечный промежуток собственного времени* достигает размеров собственного гравитационного радиуса (r_g) и, переходя далее внутрь сферы этого радиуса («сингулярной сферы Шварцшильда»), сжимается до точечного состояния. Вместе с тем, в статической системе отсчёта внешнего наблюдателя одно лишь время приближения этой сферы к гравитационному радиусу бесконечно. Таким образом, в бесконечное время статической системы отсчёта укладывается лишь *часть* процесса сжатия сферы. Моменту достижения радиуса $r = r_g$ отвечает время $t = \infty$ внешнего наблюдателя. Никаких логических противоречий в этом нет: это – относительность хода геометрического времени в своём крайнем выражении.

Таким образом, с точки зрения удалённого наблюдателя, гравитационный коллапс приводит к возникновению как бы навек «застывшего» тела, от которого не приходят в окружающее пространство никакие сигналы. Оно «застыло» не потому, что находится в равновесии (ибо равновесия нет), но потому, что, с точки зрения внешнего наблюдателя, на сингулярной сфере «застыло» (остановилось) время. Действительно, в системе отсчёта внешнего наблюдателя собственное время наблюдателя, пересекающего сингулярную сферу Шварцшильда, выражается величиной

[1] *Oppenheimer J., Snyder H.*, Phys. Rev. V. 56. 1939. P. 455.

$$\tau = \int\sqrt{g_{00}}\,dt = \int\sqrt{(1 - r/r_g)}\,dt,$$

откуда видно, что на сингулярной сфере ($r = r_g$) собственное время обращается в нуль.

Предсказание описанного Оппенгеймером и Снайдером объекта, как видим, опять было чисто умозрительным, т.е. никак не было продиктовано предметным познанием. Ни в каком предшествующем знании не могло быть объекта такого рода, потому что он должен был быть невидимым: световой сигнал не может выйти вовне из-под сингулярной сферы. Но опять-таки модель строилась на чисто гравитационном взаимодействии, а в нём в равной степени участвуют как видимые, так и невидимые тела. В 30-х годах прошлого века едва появились только первые наблюдательные догадки о возможном существовании скрытых масс, оказывающих гравитационное действие на движение наблюдаемых небесных тел. И лишь впоследствии, когда выяснилось, что звёзды достаточно больших масс действительно могут сжиматься неограниченно, рассматриваемым гипотетическим объектам был присвоен статус реальности – как одного вида тёмной материи, получившего название *чёрная дыра*, или коллапсар[1].

Идея относительности бесконечности закономерно пришла на смену антиномии Канта, когда методология фи-

[1] Историки науки открыли, правда, что Лаплас (и, независимо, Митчел) ещё в 1796 году предсказал возможность невидимого светящегося объекта. Действительно, если скорость света c рассматривать как вторую космическую скорость в ньютоновской теории тяготения, то для любых расстояний $r < r_g$, где $r_g = 2kM/c^2$, свет не может покинуть излучатель и выйти во внешнее пространство. Это можно считать предсказанием объекта под названием «чёрная дыра», что не удивительно, поскольку ньютонова теория тяготения – предельный случай ОТО. Только ни о какой относительности времени в связи с таким объектом нельзя было говорить: время в ньютоновой теории абсолютно. Да и само предсказание Лапласа и Митчела тоже не было продиктовано предметным познанием: они к нему пришли метафизическим путём, так как ньютонова теория тяготения сплошь зиждется на метафизических постулатах (об этом см. Захаров В.Д. Физика как философия природы. М., 2004. С. 64–65).

зики в XX веке решительно отказалась от позитивистского предметного знания и перешла на почву онтологии. В отличие от антиномии Канта, отнесённость бесконечности к наблюдателю не означает противоречия для разума в области чисто метафизического мышления. Разум не приходит к противоречию с самим собой, если мир понимать не опытно, а онтологически.

В соответствии с дорелятивистским представлением, мир не может быть мыслимым вне пространства: «миропонимание – это пространствопонимание» (П.А. Флоренский). ОТО демонстрирует, что это не так; она заменяет «мир пространства» на мир пространства-времени. Мир пространства-времени ОТО – это основной абсолют теории, так как его свойства инвариантны относительно выбора наблюдателя. В платоновской терминологии, он есть *эйдос*, тогда как отдельно взятые пространство и время – это тени, отбрасываемые им на человеческое сознание. Платон ведь тоже (в своём символе Пещеры) рассматривал эмпирически данный нам мир как царство теней, отбрасываемых на нас подлинной реальностью.

Возникает вопрос о природе этих «теней» – пространства и времени. Как и чем они порождаются?

4. Как построить пространство и время?

Уже Платон, который впервые ввёл в античную науку понятие геометрического пространства, не придавал этому пространству какого-либо субстанциального значения. У него пространство не относится к миру вечных идей, но не относится и к миру «природы» – вечно движущемуся, воспринимаемому «посредством мнения, соединённого с ощущением». Его восприятие Платон уподобляет сновидению: оно «не находится ни на земле, ни на небесах, будто бы не существует[1]». В XIX веке Георг Кантор попытался построить другие «небеса», в которых нашлось место для

[1] *Платон.* Тимей // Соч.: В 3т. Т. 3(1). М., 1971. С. 493.

геометрических пространств. Это было исчисление бесконечностей Г. Кантора, который решил сделать бесконечность научным (математическим) понятием, расширив для этой цели само понимание математики. Г. Кантор поставил перед собой задачу, которую не смогли решить пифагорейцы, – построить мир на основе чисел, только под числами он понимал нечто более общее: не только конечные числа, но и трансфиниты. Для этого требовалось сложить актуальную бесконечность из более элементарных множеств, допускавших интуитивное постижение.

Попытка не удалась не только Кантору, но и ни одному из крупнейших математиков XX века, которые пытались разрешить загадку континуума, «уничтожив» в его описании актуальную бесконечность. Все их усилия кончались крахом: актуальная бесконечность не хочет покидать континуум. Не меньшее разочарование испытывали и физики, видя, до какой степени затруднительно обосновать непрерывность в описании природы. Именно в этом смысле Э. Шредингер высказался о том, что все попытки использования старого, привычного понятия континуума для описания свойств микромира оказались тщетными и окончились провалом. Причину Шредингер видел в том, что этот старый привычный континуум вдруг оказался пугающе сложным и концептуально непонятным. По его словам, само понятие дискретности в мире элементарных частиц было *навязано* физикам против их воли. Оно возникло как средство спасения от тайны континуума – как «контрзаклинание против злого духа, требующего изгнания[1]».

Удивительно, что именно эта грандиозная неудача смогла, наконец, раскрыть глаза математиков и философов на *тайну* континуума. Ибо утверждение «континуум построить нельзя» означало, что континуум не существует как нечто статическое, завершённое, фиксируемое как понятие. В силу этого оно ускользает от «научного» (т.е.

[1] *Шредингер Э.* Наука и гуманизм // Физика в наше время. Москва – Ижевск, 2001. С. 54.

«предметного») познания. В настоящее время его даже принято считать внематематическим понятием[1].

«Изгнание злого духа» привело Шредингера к чисто феноменологической интерпретации квантовой механики – интерпретации, которая вошла в русло общей неопозитивистской трактовки физики XX века. Она оправдывает отказ от онтологии в физике, от физической истины; она означает приспособление к фактам опыта, принятие «истины факта».

Подавляющее большинство математиков XX века (школы логицистов, интуиционистов, формалистов) также отвергло метафизическую идею актуальной бесконечности. Математика предпочла пойти по кантианскому пути, оставшись при одной феноменологии. Однако средство, избранное для изгнания метафизики, оказалось убийственным для самой классической математики: без идеи актуальной бесконечности огромное количество *истинных* формул математики оказались не выводимыми, да и само понятие «доказательство» утратило строгий смысл.

Неизбежна ли такая позиция? В поисках реальности мы расширяем наше понимание физики – тогда не следует ли для осмысления бесконечности ещё более расширить понимание математики?

Из всех философов математики, пожалуй, один лишь А.Ф. Лосев остался верен идее актуальной бесконечности, «той бесконечности, которая свою идею содержит сама в себе, а не вне себя…[2]». При этом Лосев понимает континуум диалектически, не как нечто раз и навсегда ставшее, а в плане становления – «*алогического становления, данного как актуальная бесконечность*». Континуум как незавершённое, *живое* понятие, требовал иного (*не математического* в прежнем смысле) подхода к описанию множества.

---

[1] *Векшенов С.А.* Математика и физика пространственно-временного континуума // Основания физики и геометрии. М., 2008.

[2] *Лосев А.Ф.* Диалектические основы математики // Лосев А.Ф. Хаос и структура. М., 1997. С. 366.

Оказалось, что без учёта *качества* (свойства нематематического) теряет смысл канторово понимание принадлежности к множеству по предикату. Сказать, что континуум есть «множество точек», в прежнем смысле, уже нельзя (именно такое представление о континууме порождает связанные с ним парадоксы теории множеств). Наиболее соответствующее ему философское понятие – лейбницева монада, как динамическое (самодвижущееся) единство. Континуум – неделимая монада, наделённая внутренним движением, а это есть нечто, не доступное логическому анализу. Описание её с помощью логической процедуры бесконечной потенциальной делимости приводит к противоречию в форме апорий движения Зенона. Апории разрешаются только при полном отказе от классического понимания континуума как бесконечно делимого бесконечного количества точек, а в этом случае теряет смысл и классическое (аристотелево) понимание движения.

Не случайно математический аппарат физики микромира отторгает от себя прежний континуум как (непрерывное) множество вещественных чисел. Он оперирует полем комплексных чисел, для которых исчезает привычное понятие количества, с типичным свойством больше – меньше. Это значит, в микромире утрачивается классическое понятие упорядоченности. Упорядоченность перестаёт быть однозначной, той, которая в классической (неквантовой) физике обозначается как *геометрическое время*. Утрата порядка означает утрату классической причинности, т.е. исчезает сама возможность *предметного* знания.

Расширение понятия порядка приводит к новым, некантоpовским типам бесконечностей. Это бесконечности не количества, а порядка, причём бесконечности завершённые, актуальные. Они возникают как бесконечности *процесса*, который, однако, оказывается возможным превратить объект, в идею (в платоновском смысле), если удаётся замкнуть процесс на себя. Это замыкание процесса С.А. Векшенов называет «фундаментальным враще-

нием[1]». Новая, неканторова структура континуума требует видоизменения существующей физической парадигмы.

Поскольку в микромире утрачивают смысл и классическое (геометрическое) время, и классическое пространство, возникает идея, пришедшая в голову ещё Б. Риману, а потом высказывавшаяся также Г. Вейлем, Дж. Уилером, Р. Пенроузом и др.: а являются ли вообще макроскопически понимаемые пространство и время чем-то изначальным, первичным? Нельзя ли эти платоновские «тени» вывести из чего-то более первоначального, фундаментального? Как в классической, так и в релятивистской парадигмах пространство и время играют роль «арены», на которой развёртываются физические взаимодействия. Эта «арена» априори задана, без всякой попытки её вывода или обоснования. Между тем, П.К. Рашевский пишет: «Возможно, что и сам четырёхмерный континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счёте образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц?»[2]. Когда писались эти слова, Уилером уже развивалась идея «предгеометрии», согласно которой классические пространство и время возникают в результате своеобразного наложения (суммирования) огромного количества факторов, присущих микрообъектам и, как теперь выяснилось, требующих новой, неканторовской структуры множества.

Оказалось, что эта неканторовская структура не реализуема ни в одной из двух развитых к настоящему времени физических парадигм: ни в геометрической (эйнштейновской), ни в теоретико-полевой. Та и другая требуют уже заданной пространственно-временной «арены». Например, в теории суперструн, претендующей сейчас на универсаль-

---

[1] *Векшенов С.А.* Математика и физика пространственно-временного континуума // Основания физики и геометрии. М., 2008.

[2] *Рашевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М., 1967. С. 658.

ность описания взаимодействий, струны колеблются в изначально предположенном пространстве-времени. Может ли, однако, эта теория претендовать на статус Окончательной Теории («Теории Всего»), если она не даёт объяснения природы этой постулируемой ею «арены» – пространства-времени? Развитие этой теории в применении к космологии привело к концепции бран-мира – «Вселенной на бране». В ней Вселенная представлена (3+1)-мерной D-браной, погружённой в 11-мерное пространство с 7 компактифицированными размерностями. Однако все 11 измерений этой теории – это те же геометрические (пространственные или временные) размерности, взятые из классической ОТО. Специалисты по теории струн сами понимают это и ставят вопрос: «Что есть пространство и время на самом деле и нельзя ли без них обойтись?.. Мы должны позволить теории струн *создавать* её собственную пространственно-временную арену, начиная с конфигурации, в которой пространство и время отсутствуют»[1]. Но сказать «пространство и время отсутствуют» – значит отказаться от самих принципов и геометрической, и теоретико-полевой парадигм. Первые же шаги в этом направлении привели к отказу от обычной геометрии – замене её на *некоммутативную геометрию*, в которой декартовы координаты заменяются на некоммутирующие матрицы. В ней мы лишены возможности определить физическое пространство нашей Вселенной и ставить вопрос о его конечности и бесконечности. Надо искать другую физическую парадигму, которая восстановила бы воспринимаемые нашим сознанием пространство и время.

В настоящее время на роль предгеометрии претендует новая, *реляционная* парадигма, ведущая начало от идей дальнодействия и развиваемая в работах Ю.С. Владимирова[2]. В ней фундаментальной (первичной) является бинарная

---

[1] *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2004. С. 242, 244

[2] *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М., 2009.

структура *комплексных отношений*, из которой формируются макроскопические пространство и время. Объекты этой структуры – не «события» (как в геометрической парадигме) и не «состояния» (как в полевой парадигме), а процессы, т.е. динамические объекты (монады). Это отражает интуицию иного типа времени, отличного от геометрического.

Этот тип времени в применении к космологии нами уже рассматривался[1] и назван *бергсоновым временем*.

5. Два времени

Все уравнения современных теорий физических полей и релятивистской механики содержат геометрическое время и инварианты относительно смены его знака (замены t на $-t$). Это обеспечивает возможность операции *временнóго обращения*. *Геометрическое время* – это время детерминизма, время предсказуемости; в этом времени прошлое и будущее симметричны. Это есть время без «стрелы времени».

Для объяснения нашей психологической стрелы времени надо, видимо, искать какое-то другое время, само по себе необратимое, и только для него некий процесс можно определять как необратимый. Такое время нашлось в новой, «неклассической» метафизике, оно связано с именем А. Бергсона[2]. Это есть время, не измеряемое внешним отношением равенства, но само в себе содержащее свой принцип тождества. Такое время не является внешним по отношению к материальным объектам, но связано с их свойствами, с их сущностью, с «природой вещей». Такие процессы невозможно вычленить из природной ситуации и придать им тем самым геометрический характер. Это делает процесс необратимым и рождает «стрелу времени».

---

[1] *Захаров В.Д.* Метафизические уроки Альберта Эйнштейна // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007.

[2] *Бергсон А.* Опыт о непосредственных данных сознания // Соч.: в 4 т. Т. 1. М., 1992.

Такое время – не априорная форма познания, а уникальный факт нашего сознания, постигаемый вообще не мышлением, а нашим внутренним опытом. Это время рождается не пространством, оно самодостаточно и называется *длительностью* (la durée, вместо le temps). В этом времени не выделены отдельные моменты, оно неделимо и целостно, а потому неизмеряемо.

Бергсоново время-длительность можно назвать *естественным* временем. Это время не упорядоченных систем, а случайных процессов. Следовательно, это есть время беспричинности, время свободы, время Эпикура. Можно предполагать, что «стрела времени», чуждая времени геометрическому, реализуется в естественном времени. Возникает трудная задача – дать этой «стреле» физическое обоснование.

Физическое обоснование даёт уже релятивистская космология. Основной её вывод тот, что Вселенная не может находиться в устойчивом состоянии. Неустойчивость приводит к необратимости. Необратимость рождает космологическую стрелу времени. Сама эта космологическая стрела говорит о том, что реальная Вселенная живет в естественном времени. Современная космология возрождает представление древних греков о Космосе как живом организме. И. Пригожин[1] замечает, что Вселенная возникла не только в неустойчивом, но и в неравновесном состоянии. Оба эти факта рождают стрелу времени. Большой взрыв – это необратимый фазовый переход из состояния квантового вакуума к состоянию вещества. Этот переход *рождает время*, и это время – однонаправленное. (Впрочем, Пригожин фетишизирует *время* настолько, что считает его существовавшим уже до возникновения Вселенной. В этом я с ним не согласен). Этим определяется также универсальность стрелы времени: она едина для всей Вселенной.

Принимая во внимание результаты Пригожина, я могу сказать то, чего не сказал сам Пригожин: *время возникло из*

[1] *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М., 2002.

неравновесности, так же как и стрела времени порождена неравновесным процессом возникновения материи. В момент образования материи Вселенная должна была находиться в неравновесном состоянии. Об этом свидетельствует факт нашего существования: мы существуем благодаря тому, что частицы и античастицы возникли не в одинаковых количествах, иначе это привело бы к всеобщей аннигиляции материи и к концу времени.

Как соединить в физике оба эти времени – время случайности и время упорядоченности?

Геометрическое время – время симметрии, время принципа относительности. Относительность означает некоторую степень однородности пространства. Между тем, существует одно физическое поле – единственное геометризованное, описание которого не опирается на однородность, описываемую клейновской (конечнопараметрической) группой симметрии, потому что в основе его описания лежит псевдориманово пространство-время. Это 4-мерное пространство в общем случае не допускает какой-либо степени однородности, а значит какой-либо симметрии. Гравитация исключает, вообще говоря, симметрию. Тогда рождается мысль, что сама эйнштейновская гравитация описывает реальность не в геометрическом времени, а в бергсоновском. Это подтверждается тем, что гравитация – и только она, как универсальное взаимодействие, – управляет эволюцией Вселенной. (От Вселенной нельзя изолироваться, тогда как геометрическое время – это время изолированных систем). Объединение же времён достигается с помощью особой конструкции, называемой *расслоенным пространством.* Искривленное пространство-время в каждой своей точке содержит «слой» (выемку) – плоское *касательное пространство,* как, например, сфера в каждой своей точке имеет касательную плоскость. Эта конструкция объединяет геометрическое и естествнное времена. Глобальное время в искривленном пространстве – бергсоновское; локальное в любом слое – геометрическое.

Ограничение одним лишь геометрическим временем привело бы нас лишь к плоскому пространству слоя. В нём всё осмысленно и все измеримо, но утверждать реальность в нём нельзя, ибо это пространство отделено от источников поля. «Реальность» (источники) не введены в нём в саму структуру поля, как это имеет место в ОТО. С другой стороны, если мы ограничимся только естественным временем, игнорируя локальные пространства слоев, мы лишим себя связи с измерительной ситуацией, т.е. с опытом. Лишь полная конструкция, соединяющая в себе оба времени, дает полноту реальности, причем познаваемой с помощью опыта. Так два времени вместе обнаруживают для нас постигаемую природную реальность.

Стрела времени, гравитация и свобода в природе оказываются неразделимыми понятиями. Стрела времени осуществляется через универсальное гравитационное поле (недаром свобода у Эпикура тоже обусловлена гравитацией).

* * *

Как видим, прежнее понимание *реальности* пространства и времени, а также аспекта их конечности и бесконечности претерпело существенное изменение, причём вызвало это изменение развитие самой физики и основанной на ней космологии. «Реальность» зависит от господствующей на данный момент физической парадигмы и формируемой ею теории: *какова теория, такова и реальность*[1]. Возможно, развитие физики приведёт к тому, что пространство и время утратят статус фундаментальности, что, вероятно, и предвидел Платон, относя их к «теням» или «грёзам». Весьма вероятно, что миропонимание в дальнейшем будет обходиться без «пространствопонимания» и «времяпонимания».

---

[1] *Казютинский В.В.* Эйнштейн и становление неклассической космологии // Эйнштейн и перспективы развития науки. М., 2007.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ
Космология и философия: диалог продолжается 3

1. НАУЧНЫЙ СТАТУС КОСМОЛОГИИ

В.В. Казютинский
Космология, теория, реальность 8

В.В. Казютинский
Теория и факт в космологии 55

Е.А. Мамчур
Является ли современная космология «иронической наукой»? 107

С.Н. Жаров, Н.А. Мещерякова
Современная космология: у истоков новой рациональности . . 125

Л.Г. Антипенко
Космологические следствия релятивистской теории
гравитации А.А. Логунова и реальность 154

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

А.Д. Панов
Методологические проблемы космологии
и квантовой гравитации 185

В.Д. Эрекаев
Онтология квантовой космологии 216

А.Д. Панов
Вероятностная интерпретация антропного принципа
и Мультиверс. 270

3. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ

Я.В. Тарароев
Современная космология: от Универсума к Мультиверсу 295

Г.М. Верешков, Л.А. Минасян
Понятие вакуума и эволюция ранней Вселенной 308

Я.В. Тарароев
Понятия инфляции, темной энергии, темного вещества
в современной космологии 339

Г.И. Наан
Понятие бесконечности в математике, физике и космологии 357

В.Д. Захаров
Пространство и время в современной космологии
(*аспект бесконечности*) 405

Аннотированный список книг издательства «Канон+»
РООИ «Реабилитация» вы можете найти на сайте
iph.ras.ru/kanon или http://journal.iph.ras.ru/verlag.html
Заказать книги можно, отправив заявку по электронному адресу:
kanonplus@mail.ru

Научное издание

Современная космология: философские горизонты

Под ред. *В.В. Казютинского*

Директор — *Божко Ю. В.*
Ответственный за выпуск — *Божко Ю. В.*
Компьютерная верстка — *Липницкая Е. Е.*
Корректор — *Колупаева Л. П.*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 04.10.2010.
Формат 84×108 1/32. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 22,68. Уч.-изд. л. 20,0. Тираж 1000 экз. Заказ 2609.

Издательство «Канон+» РООИ «Реабилитация».
111627, Москва, ул. Городецкая, д. 8, корп. 3, кв. 28.
Тел/факс 702-04-57.
E-mail: kanonplus@mail.ru
Сайт: iph.ras.ru/kanon или http://journal.iph.ras.ru/verlag.html

Республиканское унитарное предприятие
«Издательство «Белорусский Дом печати».
ЛП № 02330/0494179 от 03.04.2009.
Пр. Независимости, 79, 220013, Минск.

Книга представляет собой исследование некоторых философских и эпистемологических проблем космологии. Проанализированы философские позиции классиков космологии XX века (А.А. Фридмана и др.), а также ряда выдающихся современных космологов. В книге рассматриваются научный статус релятивистской и квантовой космологии, проблемы реальности и научной рациональности в космологии, проблемы методологии исследования Вселенной как целого. Космология вовсе не является одной из «иронических наук», какой ее иногда изображают. Физическая реальность в космологии проявляется как выраженная в языке науки фиксация результатов взаимодействия наблюдателя с исследуемым объектом (осуществляемым через средства и условия познания). Смысл этого понятия в контексте данного типа научной рациональности раскрывается истинной теорией. Показано, что космология, по сути, переходит от традиционных методов исследования к нетрадиционным, т.е. совершаются изменения в ее основаниях, навязываемые новыми типами исследуемых объектов. Отмечена необходимость коренного изменения смыслов традиционных понятий в космологии, таких как пространство, время, бесконечность. Проанализированы условия и границы их применимости в рамках новых космологических теорий. Особое внимание уделено новым фундаментальным понятиям, появившимся в космологии за последние годы: Мультиверс (Метавселенная), космологический вакуум, темная материя, темная энергия, ускоренное расширение Вселенной и др. По некоторым проблемам, находящимся на переднем крае современной космологии, ведется дискуссия между авторами книги. Сделана попытка показать эвристическую роль философии в осмыслении указанных проблем.

Книга рассчитана на философов, космологов и всех, интересующихся философскими проблемами современной науки.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
КАНОН-ПЛЮС

ISBN 978-5-88373-257-7
9 785883 732576

интернет-магаз
OZON.r
69370990