

ИННОВАЦИОННАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ XXI ВЕКА: КОНВЕРГЕНЦИЯ И СИНЕРГИЯ NBIC-ТЕХНОЛОГИЙ. ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ 2015–2030

О.В. Руденский, О.П. Рыбак

Предисловие

Начало XXI в. ознаменовано рядом важнейших открытий и экспериментов, существенно расширивших возможности человеческого разума в процессе познания и создания абсолютно новых технологий производства, развития природной среды. Эти открытия носят глобальный характер и непосредственно могут повлиять на развитие земной цивилизации.

Наиболее быстрые темпы научно-технологического развития характерны для сфер индустрии наносистем и материалов, информационно-коммуникационных систем, а также живых систем. В этих сферах происходит интенсивное генерирование знаний, переход результатов фундаментальных исследований в конкретные технологии производства, задается принципиально новый формат технологической реструктуризации мировой экономики. Перевод результатов фундаментальных исследований в плоскость технологий научного познания и экспериментов дает не только основу для дальнейшего интенсивного развития интеллектуального базиса, но и формирует технологию самого процесса познания, создает контуры новых производственных технологий.

Современный этап общественного развития ознаменован рядом феноменальных результатов в области биотехнологий. Удалось экспериментально реализовать механизм интегрирования двух фундаментальных природных процессов – считывания генетической информации и синтеза белка. На матрице ДНК мессенджер переводит информацию о белке и транспортирует ее до рибосом. При делении мутантной клетки дочерние клетки получают мутантную копию гена. Это позволяет на экспериментальной основе раскрыть механизм наследования измененных признаков, получить результаты гибридизации ДНК. Выдающийся ученый современности Крейг Вентер, один из основателей генной инженерии, под руководством которого был расшифрован геном человека, синтезировал смоделированный на компьютере геном бактерии в клетку микроорганизма. В результате на экспериментальной основе была получена бактерия с заданными свойствами. Синтез клетки, которую уже назвали «Синтией», фактически раскрывает механизм создания искусственных форм жизни на нашей планете. Открытие американскими учеными возможности проду-

цирования бактерий с заданными свойствами означает прорыв в науке и технологиях, открывает принципиально новые направления решения энергетических, продовольственных, экологических и других важнейших проблем развития человечества. В России также проводятся аналогичные научно-экспериментальные исследования, но не на геномной основе, а на структурах функциональных белков. Такой подход имеет свои преимущества, проявляющиеся в возможности исследовать глубинные процессы генезиса клетки, а сам синтез осуществлять с более надежной системой потенциальной безопасности экспериментов.

Продуцирование клетки в искусственных условиях рассматривается если не как открытая возможность конструирования живых систем, то как ключ к параметрическим биотехнологиям. В отличие от системы клонирования, научные эксперименты по генерации живой клетки не вызвали отрицательной реакции церкви и общественности. Сформировалась практически единая позиция относительно колоссальной значимости научных исследований и экспериментов для понимания и управления процессом общественного развития, возможностей реализации новых направлений для медицины, производства продуктов питания, ресурсов производства, преумножения биологического потенциала земного шара. Естественно и осознание уровня рисков и непредсказуемости конечных результатов для развития цивилизации в случае выхода из системы контроля репродукции клетки с заданными свойствами, превращения этого процесса в самоцель.

Наряду с живыми системами феноменальные результаты получены и в других сферах науки и технологий. В первую очередь следует выделить нанотехнологии. К продукции этого специфиче-

ского вида экономической деятельности относятся произведенные посредством нанотехнологий изделия, в которых размер структурных элементов, определяющих функциональные и (или) потребительские свойства, хотя бы в одном измерении, составляет порядка 1–100 нм. Исключение составляет продукция нанобиотехнологий, для которой верхняя граница определяется размерами белков, ДНК, биологических молекул и пр., составляя величину порядка 300 нм. Продукция нанобиотехнологий производится посредством манипулирования отдельными атомами и молекулами с использованием биохимических технологий геномики, протеомики, а также системной биологии. Эта продукция применяется для манипулирования живой материей на молекулярном уровне или для обеспечения возможности подобной манипуляции. К нанотехнологической продукции относятся также изделия, функциональные свойства которых определяются проявлением квантовых эффектов.

Научный базис нанотехнологий представлен более чем 30 дисциплинами в таких важнейших сферах, как физика, химия, материаловедение, биология, фармакология, инжиниринг, экология и др., широким спектром смежных дисциплин. Для нанотехнологий, как и практически для большинства исследований и разработок междисциплинарного характера, свойственен колоссальный рост интенсивности коллективных исследований и публикаций полученных результатов. По данным ОЭСР, количество публикаций по проблемам развития нанотехнологий, выполненных в рамках международного авторского сотрудничества, в 2005 г. составило порядка 180 тыс. в год, что вдвое превышает число публикаций двадцатилетней давности. Аналогичными темпами развивается и активность публикаций ре-

зультатов научных разработок (свыше 250 публикаций в год), выполненных на коллективной основе в рамках национальных исследований.

В России в сфере нанотехнологий отмечается один из самых высоких уровней интенсивности создания передовых производственных технологий. В 2009 г. было создано 108 прогрессивных технологий, что в 1,6 раза больше по сравнению с предшествующим годом (в производственной сфере прирост созданных прогрессивных технологий составляет в среднем 5%). Из используемых 264 производственных технологий порядка 75% применяются в течение последних трех лет. Важно отметить, что треть созданных прогрессивных технологий относится к категории принципиально новых. Примерно таков и удельный вес созданных технологий, отличающихся патентной чистотой. Их количество увеличилось в 2009 г. на 34% (при приросте в 4,8% по технологиям с патентной чистотой, созданных в сфере материального производства).

В содержательном отношении нанотехнологии и биотехнологии имеют много общего между собой. Во-первых, оба глобальных вида технологий оперируют молекулярными структурами и субстанциями. Во-вторых, оба вида технологий являются результирующей фундаментальных исследований, доведенных до уровня прикладных разработок. В-третьих, в рамках каждой технологии формируется практически типовая сетевая структура, обеспечивающая оптимальное соотношение уровня и темпов развития потенциала фундаментальной и прикладной науки, экспериментальных и производственных технологий. Формируется новое качество развития интегральной научно-производственной сферы, само существование которой немислимо без какого либо элемента научно-технологической сетевой структуры.

В-четвертых, под воздействием внутри- и межэлементных интеграционных процессов сетевые нано- и биотехнологические структуры получают мощные, мотивированные на результат интегральные научно-производственные системы.

Вместе с тем формальная общность признаков прогрессивных технологий еще не означает отсутствия индивидуальных свойств, делающих отличной одну технологию от другой. Принципиальные отличия заложены в содержании технологий, получаемой продукции, особенностях соединения научных знаний и других продуктов интеллектуальной деятельности, материалов, оборудования с профессиональным мастерством исследовательского и производственного персонала. Отчетливо выраженная индивидуальность нано- и биотехнологий тем не менее не выступает фактором их потенциальной обособленности, как это имеет место в сфере производства товаров и услуг. На практике интенсивное развитие этих технологий приводит к созданию различных интеграционных форм совместного развития обеих технологий. Так, в системе биотехнологий сформировался обособленный вид деятельности на стыке двух технологий – бионанотехнологии. В свою очередь, в системе нанотехнологий получил активное развитие принципиально новый технологический симбиоз – нанобиотехнологии. Несмотря на внешнюю терминологическую общность, обе технологии принципиально отличны друг от друга. Нанобиотехнологии базируются на наноструктурах и отличаются сравнительно низким молекулярным уровнем инженерного конструирования нанобиопродукции. Бионанотехнологии моделируют репродукцию клеток на основе биоструктур с более высоким молекулярным уровнем.

Интеграция нано- и биотехнологий на уровне обособленных или произво-

дных технологий позволяет получать колоссальный эффект как в сфере научного познания, так и в системе создания принципиально новых производственных технологий. Естественно, что интеграционные технологии стали активно развиваться благодаря информационно-коммуникационным технологиям. Посредством ИКТ в системе развития биотехнологий удалось расшифровать генетические коды, разработать компьютерную систему моделирования клеток и осуществить их реальную генерацию. Синтез биотехнологий и ИКТ привел к возникновению и интенсивному развитию биоинформационных технологий. Ориентация на параметрические свойства нанопродукции при нанотехнологическом производстве также предполагает активизацию взаимодействия нано- и информационно-коммуникационных технологий.

Бурное развитие био- и нанотехнологий происходит опережающими по сравнению с информационно-компьютерными технологиями темпами. Эти две отрасли научно-производственной деятельности, наряду с высокотехнологичными и наукоемкими производствами, формируют опережающий спрос на более мощные и функциональные вычислительные средства, информационные и коммуникационные технологии. На услуги ИКТ существует опережающий спрос. Поэтому сфера ИКТ имеет наилучшие экономические и политические перспективы своего ускоренного развития. Ее интенсивное развитие окажет мультипликативный эффект на сопряженные области знаний, технологий и производства.

Развитие науки, технологий и собственно процесса познания, как более высокого уровня интеллектуального развития человека, находились в состоянии относительной сбалансирован-

ности и гармонии. Однако с бурным развитием высоких технологий процесс познания не может оставаться на эволюционных принципах развития. Гигантская скорость возникновения принципиально новой информации, ее масштабов и модификации обуславливает необходимость создания нового формата и принципов реагирования на результаты научно-экспериментальной деятельности. Процедура аналитического обобщения и оперативного принятия управленческих решений по снижению опасных последствий рисков, достижению исковой результативности симбиоза науки и технологий, вероятно, должна быть представлена комплексами электронной обработки данных в формате информационно-технологических и аналитических стандартов. Данное направление развития научной деятельности реализуется в сравнительно молодой сфере общественного развития – когнитивных науках и технологиях. В диалектике познания развитие когнитивных наук представляет новый виток развития метанаук, их консолидацию в систему научного мировоззрения с учетом принципиально нового научно-технологического базиса и уровня развития инноваций. Развитие когнитивных наук и технологий будет осуществляться форсированными темпами и охватывать практически весь спектр общественных и естественнонаучных дисциплин, фундаментальных и прикладных исследований и разработок.

Биотехнологии и нанотехнологии, информационно-коммуникационные технологии и когнитивные науки и технологии тесно взаимодействуют между собой и в своей совокупности формируют систему конвектированных NBIC-технологий, предопределяющих основные направления прогресса науки и технологий на современном этапе общественного развития.

Результативность подобной конвергенции обусловлена реалиями синергетического эффекта системного развития базовых технологий и науки. Конвергированные NBIC-технологии характеризуются множеством отличительных признаков. Здесь прежде всего следует выделить принципиально новые функциональные качественные признаки:

- Наука является доминантой развития базовых и конвергированных технологий.
- Методология науки, оставаясь основой познания, в условиях становления когнитивных наук и развития NBIC-технологий переходит на более высокий уровень своего развития – технологию познания. В результате взаимопроникновение наук и интеграция научных знаний в общую систему научного мировоззрения происходит на уровне технологий познания.
- Технологичность процедур познания дает возможность осуществлять стратегическое планирование научной деятельности, оценивать реалистичность фантастических воззрений, упреждать риски и добиваться искомого эффекта научных исследований и разработок.
- Наука как системообразующее звено всего комплекса NBIC-технологий формирует технологический облик всей сферы производства продукции, товаров и услуг.

Последнее обстоятельство чрезвычайно важно для понимания качества развития общественного развития – прогресса или регресса, скорости и характера нововведений, масштабов структурных и динамических изменений.

Так, если действующая система общественного воспроизводства будет воспринимать вызовы NBIC-технологий, получать реальную подпитку в виде спроса и предложений со стороны производственно-экономической сре-

ды, то произойдет гармоничное развитие научно-технологического потенциала в виде конвергированных технологий и реального сектора воспроизводства. Если же этот баланс будет нарушен, то перспективы развития NBIC-технологий окажутся удручающими, независимо от того, по какому сценарию пойдет их дальнейшее развитие. Они могут уйти в отрыв от реалий общественного развития. На этот предмет у NBIC-технологий имеется достаточно внутренних мотиваций. Однако превратившись в самоцель, они лишатся реальных ограничений. Результаты научно-экспериментальной деятельности безотносительно потребностей общественного развития приведут к их элементарной бесполезности. Целесообразность развития NBIC-технологий окажется под вопросом и в случае слабой общественной восприимчивости синергетических эффектов. В этом варианте конвергированные технологии не смогут полноценно развиваться в силу противоречий с содержащимися в них мотивационными стимулами.

Как бы то ни было NBIC-технологии являются объективной реальностью, а не плодом виртуальных интеллектуальных конструкций. В формате этих технологий общество получает тонкий инструмент и одновременно мощнейший импульс к своему фантастическому развитию.

Ориентация на результаты исследований и разработок, достигаемых в системе базовых технологий, становится вектором развития экономик всех стран.

На этом фоне развитие экономики на основе модернизации, равно как и на инновационной базе, в любом случае осуществляется на эволюционной основе и ориентировано лишь на улучшение действующего производственно-экономического потенциала. Глубинные различия состоят лишь в масштабах, способах и темпах обновления. В новейшей

истории российская экономика апробировала различные варианты модернизации и инноваций в формате среднесрочных правительственных программ, так и не доведенных до задуманного. Затем осуществлялось построение инновационной экономики. Не успев ощутить благих результатов от инноваций, российская экономика перешла к проекту масштабной модернизации общественно-экономического обустройства страны с целым рядом амбициозных проектов. Все вернулось на круги своя. Принципиально новое состоит в том, что модернизация в содержательном отношении утратила декларативно-популистский характер, свойственный всем среднесрочным программам, приобрела системность и конкретику. Это чрезвычайно важное обстоятельство, с которым общественность сталкивается впервые с момента проведения рыночных реформ.

Основные положения модернизации содержатся в программном послании Президента Российской Федерации Д.А. Медведева Федеральному Собранию в ноябре 2009 г. Примечательно, что модернизация в президентском послании выходит за рамки традиционно воспринимаемого понятия изменения производственно-технологического базиса экономики. Впервые модернизация получила формат общественно-экономического переустройства страны:

- укрепление политической системы и правовых институтов;
- совершенствование системы государственного управления;
- модернизация не только производства, но и культуры, здравоохранения, школьного и педагогического образования, других сфер общественного обустройства страны;
- улучшение качества общественно-экономической среды, создание комфорт-

ных условий для исследований и разработок мирового уровня, запуск механизма мотиваций созидательной деятельности, создание благоприятных условий для развития интеллектуальной среды, совершенствование научно-производственных отношений;

- реструктуризация системы организации науки и научно-производственного комплекса – оптимизация структуры государственной собственности, трансформация госкорпораций страны, создание бизнес-инкубаторов при кафедрах ведущих вузов, формирование центра исследований и разработок по поддержке приоритетных направлений.

В президентском послании обозначены контуры системных изменений экономики, государственного управления, социальных институтов, экономических отношений. Комплексный подход, едва ли не первый с момента становления рыночных отношений в российской экономике, обеспечит процесс создания полноценной среды для прогресса всех сфер развития общества, науки и технологий, достижения целей и выполнения сложнейших задач социально-экономического развития страны.

В качестве основных приоритетов реализации новой политической стратегии страны избраны модернизация экономики и технологическое развитие. Именно в сфере технологий и предполагается достижение лидерских позиций в развитии российской экономики. Впервые достаточно четко обозначен национальный приоритет в экономическом развитии. Его реализацию предполагается обеспечить в рамках пяти приоритетных направлений: энергоэффективность; создание новых видов топлива; развитие ядерной энергетики; развитие информационных и космических технологий; развитие здравоохранения и производства лекарств.

В контексте предлагаемой вниманию читателей работы приоритеты модернизации важны прежде всего для понимания того уровня социально-экономического прогресса, к которому приведет их практическая реализация. Учитывая абсолютную значимость таких индикаторов, как качество жизни и общественно-политический имидж страны, для оценки степени прогрессивности экономических преобразований воспользуемся несколько упрощенной шкалой измерения степени соответствия приоритетов модернизации развитию системы NBIC-технологий, а также критическим технологиям.

Применительно к NBIC-технологиям приоритеты модернизации характеризуются различной степенью сопряженности. Нанотехнологии вообще не представлены в приоритетах модернизации. Биотехнологии представлены производством и регулированием обращения важнейших видов лекарств, т. е. комплексом мер по устранению удручающего положения на национальном рынке лекарственных препаратов. Информационно-коммуникационные технологии в приоритетах модернизации представлены достаточно разнообразно, и в этой сфере выход российской экономики на лидерские позиции весьма реалистичен. О когнитивных технологиях как о важнейшем направлении развития науки и технологий вообще нет упоминания. Возможно, и не должно быть. Однако необходимо учесть, что в данном случае речь идет не об отдельных аспектах развития науки и технологий, а о стратегическом выборе экономики, ее месте в мировом разделении труда и сферах интеллектуальной деятельности. Слабая ориентация приоритетов модернизации экономики на NBIC-технологии не обеспечит в полной мере эффективное скоординированное использование ба-

зовых технологий. А ведь Россия располагает колоссальным интеллектуальным и технологическим потенциалом в каждой NBIC-технологии, успешно его реализует! Для повышения эффективности научных, экспериментальных исследований и разработок, развития соответствующих производств нужны индивидуальные программы развития технологий, а также централизованная координация их системного развития. Очевидно, при дальнейшем уточнении содержательных аспектов отдельных направлений модернизации экономики целесообразно учитывать значимость системы NBIC-технологий для развития науки и технологического потенциала.

Неоднозначное положение сформировалось и в соотношении приоритетов модернизации и технологического обновления с критическими технологиями. По определению критические технологии призваны обеспечивать обороноспособность, экономическую безопасность и полноценное социально-экономическое развитие страны. Уровень соответствия приоритетов и направлений модернизации и технологического обновления всей производственной сферы критическим технологиями Российской Федерации дает возможность оценить общественно-экономическую значимость и масштабность обновленного варианта модернизации. Простое сопоставление приоритетов модернизации и направлений их реализации показывает, что не все важные критические технологии охвачены приоритетами модернизации. По отдельным критическим технологиям, вошедшим в состав приоритетов модернизации и технологического обновления, направления реализации сводятся к мерам по обеспечению экономического выживания страны:

Приоритеты модернизации и критические технологии

Основные направления реализации приоритетов

Развитие медицинской техники, технологии и фармацевтики

- Биоинформационные технологии
- Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии
- Биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных
- Геномные и постгеномные технологии создания лекарственных средств
- Клеточные технологии
- Технологии биоинженерии
- Технологии обеспечения защиты и жизнедеятельности населения и опасных объектов при угрозах террористических проявлений
- Технологии создания биосовместимых материалов
- Технологии экологически безопасного ресурсосберегающего производства и переработки сельскохозяйственного сырья и продуктов питания

Производство стратегически важных лекарств
 Механизм госзакупок
 Правовое регулирование обращения лекарств
 Создание мотиваций здорового образа жизни

Энергоэффективность и переход к рациональной модели потребления ресурсов

- Технологии мехатроники и создания микросистемной техники
- Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы
- Технологии новых и возобновляемых источников энергии
- Технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы
- Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов
- Технологии производства топлив и энергии из органического сырья
- Технологии создания и управления новыми видами транспортных систем
- Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии
- Технологии экологически безопасной разработки месторождений и добычи полезных ископаемых

Создание приборной базы учета объема услуг коммунальной инфраструктуры
 Использование энергосберегающих ламп
 Программы энергоэффективности и модернизация городских сетей
 Нарращивание добычи полезных ископаемых и обеспечение инноваций в традиционной и альтернативной энергетике
 Использование биоресурсов для получения энергоносителей
 Внедрение инновационных технологий сверхпроводимости

Ядерная энергетика

- Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом
 - Технологии водородной энергетики
 - Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем
- Реакторы и топливо нового поколения
 - Водородное топливо
 - Двигательные установки
 - Участие в проекте по термоядерному синтезу

Развитие космических технологий и телекоммуникаций

- Технологии создания новых поколений ракетно-космической, авиационной и морской техники
 - Технологии обработки, хранения, передачи и защиты информации
 - Технологии создания интеллектуальных систем навигации и управления
- Развитие инфраструктуры связи
 - Цифровое телевидение
 - Мобильная связь четвертого поколения

Развитие стратегических и информационных технологий

- Технологии производства программного обеспечения
 - Технологии распределенных вычислений и систем
 - Технологии создания электронной компонентной базы
- Суперкомпьютеры
 - Компьютерное проектирование и моделирование
 - Электронный доступ к государственным услугам

Развитие других высокотехнологичных секторов экономики

- Базовые и критические военные, специальные и промышленные технологии
 - Нанотехнологии и наноматериалы
 - Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф
 - Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов
 - Технологии создания и обработки кристаллических материалов
 - Технологии создания и обработки полимеров и эластомеров
 - Технологии создания мембран и каталитических систем
- Повышение обороноспособности и экономической безопасности страны
 - Технологический прорыв в сегменте наукоемких производств на мировом рынке
 - Создание высокотехнологической ресурсной базы достижения национальных приоритетов в экономике
 - Достижение реальных лидирующих позиций и конкурентоспособности в интеллектуальной, наукоемкой и высокотехнологичной сферах мировой экономики

Перечень критических технологий Российской Федерации утвержден Президентом РФ. В него входят 34 критические технологии. Помимо этого утверждены восемь направлений развития науки и техники в Российской Федерации, которые охватывают и критические технологии. Правительством РФ также установлено правило формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. В других странах критические технологии в меньшей степени стали использоваться для управления стратегическим развитием экономики. Например, в США, Франции, Японии и других странах к началу нынешнего столетия постепенно отошли от идеи создания списков критических технологий. Особенную активность здесь проявили США, которые были пионерами построения таких списков. В рамках известной RAND Corp. еще во второй половине 1990-х годов был закрыт Институт критических технологий, занимавшийся подготовкой таких списков. Одна из причин заключалась в том, что большой набор критических технологий, необходимых для экономики, расплывал бюджетные средства, не давал возможность сконцентрировать ресурсы на новейших прорывных технологиях. Кроме того, он сковывал инициативу ученых и инженеров по выбору будущих, вызывающих споры перспективных, иногда «футуристических» на данном этапе направлений технологического развития. Кроме того, наука в XXI в. настолько быстро развивается и меняется, что выбор конкретных приоритетных технологий может служить определенным сдерживающим фактором.

Вместе с тем, какое бы отношение к критическим технологиям ни существова-

ло, их значение для конкретизации выбора направлений развития не подлежит сомнению. Наличие перечня критических технологий особенно важно для российской экономики, где на фоне терминологической путаницы в понятиях приоритетных направлений, национальных приоритетов вектор научно-технологического развития страны на обозримую перспективу проработан лишь в эскизном варианте. Необходимо от чего-то отталкиваться и, постепенно укрупняя (посредством обобщения) состав направлений, выходить на одну из двух качественных характеристик научно-технологического развития:

- прогресс в сфере NBIC-технологий с последующим выходом на принципиально новую траекторию научно-технологического развития экономики страны и обеспечением ее потенциальных лидерских позиций;

- устранение технологической отсталости российской экономики с последующим переходом на высокотехнологичный базис развития экономического потенциала. Такое качество развития экономики сопряжено с небольшим отставанием от мирового научно-технологического уровня и возможностью форсированного развития отдельных технологий формата NBIC.

Какая бы целевая функция развития экономики ни была избрана в качестве приоритетной, перечень критических технологий будет уточняться и приводиться в соответствие стоящим на конкретный период задачам научно-технологического развития. Важно, чтобы перечень критических технологий не носил декларативный характер, а являлся реальным инструментом управления наукой и технологиями.

Очевидно, что критериями выбора качественных параметров развития экономики должны стать реальная оценка ресурсного потенциала, степень прогрессивности научно-технологических направле-

ний, имидж экономики страны на средне- и долгосрочную перспективу и ВРЕМЯ.

Каковы современные контуры развития науки и технологий, фантастика в реальности и реальность фантастики, риски и ожидания, цивилизация и мы, наше зав-

тра – вот лишь небольшой спектр направлений познания и технологического развития. Этой проблематике, имеющей самое непосредственное отношение к перспективам развития и российской экономики, посвящена данная работа.

Введение

О научно-технологической революции и ее последствиях для цивилизации XXI в. написано много научных исследований, публицистических и художественных произведений, особенно научной фантастики. Эту тему затронул кинематограф и изобразительное искусство.

Всемирно известный писатель-футуролог, философ и ученый Станислав Лем отмечал, что его мысли, высказанные еще в конце 1960-х годов¹ в книге «Сумма технологии», базируются на идее «взаимного проникновения» наук и технологий², отсюда и появление названия «Сумма технологии». Вместе с тем в этой книге он с определенной осторожностью относится к прогнозам, считая, что «ничто не стареет так быстро, как будущее... Любая, даже самая точная, наука развивается не только благодаря новым теориям и фактам, но и благодаря домыслам и надеждам ученых. Развитие оправдывает лишь часть из них. Остальные оказываются иллюзией и потому подобны мифу»³.

С. Лем фактически увидел будущую тенденцию технологической конвергенции, в частности NBIC-технологий⁴, о которых заговорили позднее, уже в начале XXI в. Исключительно важной в этом контексте, на наш взгляд, становится высказанная С. Лемом мысль о тенденции «интеграции» или в современном прочтении конвергенции биотехнологий (БТ) и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

В «Сумме технологии» С. Лем отказался от простой экстраполяции построения будущего развития цивилизации, и несмотря на то что уже прошло более 40 лет со дня первого издания книги, его

идеи остаются актуальными. Они показали свою научную значимость при создании национальных инновационных систем и организационно-управленческих подсистем в инновационной сфере, разработке научно-технологической и инновационной политики в ряде промышленно развитых стран (США, Великобритании, Японии и др.), что в конечном итоге поставило вопрос о формировании новой, инновационно-технологической цивилизации XXI в.

Сегодня политиков США, Франции, Великобритании и других промышленно развитых стран, занимающихся разработкой и реализацией инновационной политики, интересуют уже не только перспективы развития и разработки отдельных высоких технологий, таких как NBIC-технологии, пусть, по некоторым оценкам, футурологических, а последствия их конвергенции и синергии в XXI в., воздействия процессов инновационного развития на институты и национальные инновационные системы, экономику и социум. Фактически сегодня как в теории, так и на практике используются принципы технологической синергетики, экономической и социальной синергетики, или социосинергетики. Основы синергетики, как известно, были заложены лауреатом Нобелевской премии И. Пригожиным, Г. Хакеном, академиком А.Н. Колмогоровым и др.

Такой подход к инновационному развитию современной цивилизации становится стратегическим, о чем говорят соответствующие аналитические исследования и государственные программы промышленно развитых стран. Именно эти тенденции

будут постепенно конструировать нашу цивилизацию в параметрах высокотехнологичности, инновационности, принципов формирования нелинейной системы высокой сложности и самоорганизации, что характерно для синергетики, и это, видимо, станет основополагающим принципом формирования инновационной экономики, инновационного социума и в конечном итоге инновационной цивилизации XXI в.

Еще в 1950–1960-е годы С. Лем пришел к выводу, что биотехнологическая и информационная революции сформируют фундамент для перехода человеческой цивилизации в новое состояние. Однако, как мы полагаем, биотехнологическая и информационная революции будут подсистемами более масштабной NBIC-революции. Основное «технологическое содержание» цивилизации XXI в. – это зависимость от развития высокорисковых NBIC-технологий, которые станут основными «строительными блоками» инновационно-технологической цивилизации XXI в. По различным оценкам, NBIC-революция принесет как масштабные позитивные изменения в экономике, социуме, культуре и социогенетике человечества, так и непредсказуемые негативные последствия, связанные с изменением самого человека, его генетики, мышления, психологии, разума и интеллекта. Помимо этого NBIC-технологии окажут активное позитивное воздействие на решение глобальных проблем современности и нейтрализацию локальных и глобальных кризисов и вызовов цивилизации, таких как антропогенное воздействие на природу, экологические, экономические, демографические, энергетические и другие кризисы, вызовы и катастрофы глобального характера, с которыми уже сегодня сталкивается человечество.

Если современный подход определяется переходом человечества к постинду-

стриальной цивилизации, то С. Лем заметил, что во второй половине XX в. начинается совершенно другой этап – «стратегическая игра» под названием «Цивилизация – Природа». В соответствии с его концептом – это объективное взаимодействие двух эволюций: биологической, свойственной природе, и технологической, отвечающей потребностям человеческой цивилизации. Он определил суть этого концепта следующим образом: «Речь не идет о том, чтобы сконструировать синтетическое человечество, а лишь о том, чтобы открыть новую главу Технологии, главу о системах сколь угодно большой степени сложности»⁵. В рамках стратегической игры «Цивилизация – Природа» биотехнологическая и технологическая эволюция будет опираться на NBIC-технологии. Именно эти высокие технологии XXI в. будут детерминировать новые параметры цивилизационного развития, трансформируя постиндустриальную цивилизацию в инновационную, где система «Цивилизация – Природа» займет одно из центральных мест в цивилизационном развитии XXI в. В противном случае выживание нашей цивилизации будет находиться под большим вопросом.

Имеются и другие модели цивилизационного развития человечества. В 2002 г. известный американский философ, проводивший исследования для правительства США, Министерства обороны и других ведомств, занимающихся научно-технологической проблематикой, высокими технологиями и глобальными перспективами развития человеческой цивилизации, Френсис Фукуяма написал книгу о постчеловеческом обществе как результате биотехнологической революции⁶. В ней он определил потенциально новый, инновационный, тип эволюции нашей цивилизации – «постчеловеческий». Эта «постчеловеческая цивилизация», как он считает, будет результатом развития в XXI в. и последующих столетиях БТ,

ИКТ и других высоких технологий, которые могут кардинально изменить и физиологию человека, и его ценностные ориентации, мораль, культуру, религию, в том числе и саму науку. Но так как человек является системной частью «Природы», то фактически произойдет изменение формы и содержания «Природы», что очень близко к идеям С. Лема. Надо сказать, что эта проблема занимает сегодня умы многих философов, политиков, экономистов, технологов, инженеров, социологов, культурологов, историков, религиозных деятелей и т. д. В этой связи приведем цитату из книги Ф. Фукуямы, может быть несколько длинную, но дающую, на наш взгляд, довольно впечатляющую картину постчеловеческого будущего: «Может быть, мы готовы войти в постчеловеческое будущее, в котором технология даст нам возможность постепенно изменить нашу сущность со временем. Многие приветствуют такую возможность под знаменем человеческой свободы... Но свобода такого рода будет отличной от всех прочих свобод, ранее доступных людям... Может статься, что мы каким-то образом обречены на этот новый вид свободы или что на следующей стадии эволюции, как некоторые предполагают, мы сознательно возьмемся за наше биологическое строение, а не оставим его в руках слепых сил естественного отбора. Но если мы на это пойдем, то делать это надо с открытыми глазами. Многие считают, что постчеловеческий мир будет выглядеть совсем как наш – свободный, равный, процветающий, заботливый, сочувственный, – но только с лучшим здравоохранением, большой продолжительностью жизни и, быть может, более высоким уровнем интеллекта. Однако постчеловеческий мир может оказаться куда более иерархичным и конкурентным, чем наш сегодняшний, а потому полным социальных конфликтов. Это может быть мир, где утрачено будет любое понятие «общечеловеческого», потому что мы

перемешаем гены человека с генами стольких видов, что уже не будем ясно понимать, что же такое человек... Мы не обязаны считать себя рабами неизбежного технологического прогресса, если этот прогресс не служит человеческим целям. Истинная свобода означает свободу политической ответственности защищать ценности, которые ей всего дороже, и именно этой свободой мы должны воспользоваться сегодня по отношению к биотехнологической революции»⁷.

Прогнозы Ф. Фукуямы согласуются с идеями других американских ученых. Так, Ник Бостром⁸, сотрудничающий с Национальным научным фондом США, опираясь на идеи всемирно известного американского ученого и футуролога Рея Курцвейля⁹, считает, что БТ и ИКТ XXI в. вызовут революцию в человеческом обществе и сознании человека. Цивилизация придет к стадии «постчеловеческой». Однако она может принять различные формы. По мнению Н. Бострома, весьма вероятно, что как биологический вид человечество начнет исчезать с лица Земли, не достигнув «постчеловеческой» стадии. «Наше исчезновение может произойти в результате стабилизации наличествующего сейчас прогресса в области вычислительной техники или стать следствием общего коллапса цивилизации... Научно-технический прогресс, по-видимому, будет набирать обороты, а не стабилизироваться... Ускорение прогресса станет причиной нашего исчезновения. Подвести нас к этому печальному концу может, к примеру, молекулярная нанотехнология»¹⁰.

Как считают некоторые ученые и аналитики, в течение ближайших 100–150 лет в результате использования ряда высоких инновационных технологий человек, возможно, уступит свое место на Земле более совершенным существам – «электронным киборгам». Это может привести не только к социальным, но и к непредсказуемым во-

енным конфликтам. Такой прогноз на будущее делают сегодня не только писатели-фантасты, но и многие современные ученые. Так, например, специалисты в области робототехники разделились на две группы: одна, используя достижения в области ИКТ, НТ и БТ, разрабатывает копии человека – андроидов, а другая, также используя эти технологии, – моделирует животных и насекомых, в частности для военных целей. Например, американский ученый Рон Фиринг из Университета Беркли создал в рамках работ по проекту «Микромеханические летающие насекомые» (MFI) электронную муху *RoboBee*, которая весит 43 мг. В нее вмонтирован маленький пропеллер, видеокамера и два крыла из полиэстера. По его мнению, запущенные сотнями и тысячами *RoboBee* могут использоваться в разведывательных, диверсионных и других военных целях¹¹.

Опираясь на идеи Нобелевского лауреата по физике 1965 г. выдающегося американского ученого Р. Фейнмана (1918–1988)¹², другой всемирно известный американский ученый К. Дрекслер, апологет нанотехнологий, создатель в США Института форсайта, где рассматриваются различные теории и гипотезы разработки и создания инновационных НТ, считает, что именно НТ станут основой строительства будущей цивилизации человечества.

В 1990-е годы и позднее – в первой декаде XXI в. об НТ заговорили во многих странах мира. Появились государственные инновационные стратегии, программы финансирования и промышленного освоения НТ, поддержки частного сектора в этой области. Эти технологии были признаны основополагающей базой для дальнейшего развития ИКТ и БТ, повышения глобальной конкурентоспособности стран. Во многих западных странах начали проводиться активные НИР в области позитивных и негативных воздействий НТ на

экономику, человека, общество и цивилизацию в целом, включая воздействие НТ на культуру, религию и морально-этические проблемы человечества.

Возвращаясь к идеям С. Лема, надо сказать: он не смог в то время учесть в своем анализе появление в перспективе таких технологий, как НТ. Но он тем не менее предсказал появление новых научных дисциплин и технологий, которые, в частности, подключились сейчас к процессу конвергенции НТ, БТ и ИКТ. Речь идет о когнитивных науках, о которых активно заговорила мировая научная пресса в конце 1990-х годов в результате исследований мозга человека, процессов мышления, разума, биологического и искусственного интеллекта. Когнитивные науки стали еще одним из приоритетов инновационных направлений развития междисциплинарных научно-технологических НИР, перерастающих в NBIC-революцию, которая окажет в перспективе непредсказуемое воздействие на формирование «инновационного» человечества. Полагаем, что политика России по модернизации и технологическому перевооружению экономики должна учитывать эти факторы. Построение инновационной экономики – задача многофакторная, междисциплинарная, которая не должна ограничиваться лишь финансовыми вложениями в разработку инновационных технологий.

Когнитивные технологии начинают приобретать лидерство в конкуренции с другими высокими технологиями. Человеческий мозг, разум, мышление становятся темами НИР, вызывая жаркие споры и дискуссии, провоцируя диаметрально противоположные точки зрения, вплоть до полного отрицания этого направления науки и приклеивания к ней ярлыков лженауки и мистики. Тем не менее когнитивные науки выходят в авангард конвергенции и синергии NBIC-технологий. Эти тех-

нологии в перспективе будут оказывать мощное влияние на формирование будущей инновационной цивилизации человечества, эмбриональная стадия которой уже наметилась в первое десятилетие XXI в.

В конце 1950-х годов, комментируя «Сумму технологии» С. Лема, академик В.В. Парин¹³ писал: «В ней имеется сильный кибернетический акцент: информационно-кибернетический «срез». Он охватывает диапазон от проблем автоматизации интеллекта до проблем науки о знаковых системах – семиотики... Человек ведет стратегическую «игру» – «Цивилизация – Природа», и только овладение информационными процессами откроет человечеству путь к победе в этой «игре». Перспективный путь здесь: создание кибернетических усилителей интеллекта, путь «интеллектроники». Воздействие на мозговую деятельность человека, минуя биологически сформировавшиеся каналы связи мозга, видимо, станет одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и цивилизации». По мнению В.В. Парина, в перспективе произойдет становление такой цивилизации, в которой будут разрешены достаточно радикальные операции над мозгом. Станет реальностью присоединение нервных путей одного человека к таким же путям другого. В результате возникнут моральные проблемы сохранения личности, допустимых пределов «отождествления» личностей или их кардинального изменения. Все это, по мнению В.В. Парина, не досужие вымыслы, если допускается «активное вмешательство человека в нервно-физиологический субстрат его психической деятельности»¹⁴.

На протяжении всей своей истории человек создавал такие технологии и технику, которые в основном, за исключением, может быть, медицины, использовались вовне тела и мозга человека, обходя стороной такое тонкое понятие, как ду-

ховная сущность человека, его мышление и разум. Все это дало возможность облегчить физический труд человека и повысить производительность его труда. Современная научно-технологическая революция, возможности технологической конвергенции НТ, БТ, ИКТ и особенно КТ дадут возможность изменить не только физиологическую, но и духовную сущность человека, его мышление и разум, а следовательно, изменить саму природу человека, который является основой существующей цивилизации на Земле. NBIC-революция приведет к прогрессу технологической конвергенции и синергии НТ, БТ, ИКТ и КТ. Именно процессы NBIC-конвергенции и синергии станут драйверами, воздействующими на процессы в области инновационной институционализации, инновационной экономики и инновационного социума в целом, что приведет к формированию инновационно-технологической цивилизации XXI в. Она будет кардинально отличаться от постиндустриальной цивилизации.

Анализ современных глобальных тенденций развития показывает, что в ряде промышленно развитых стран началась активизация НИР в области NBIC-технологий, разработка «прорывных» инновационных технологий XXI в., к которым в первую очередь относятся НИР в области конвергенции НТ, ИКТ и БТ. Эти НИР включают разработку суперкомпьютеров, квантовых и биокомпьютеров, которые в перспективе заменят существующие технологические платформы, построенные на базе силиконовых технологий. Однако анализ современных тенденций, в частности осуществленный известной американской корпорацией RAND Corp., говорит о том, что мейнстрим в промышленно развитых странах в сфере прорывных НИР настойчиво смещается в сторону конвергенции НТ, ИКТ и БТ с когнитивными на-

уками и технологиями. В этом прослеживается определенная логика, так как концепция построения инновационной экономики требует сформировать соответствующего «инновационного человека» и «инновационный социум» в целом. Для реализации этой цели КТ, как считают некоторые аналитики, окажут позитивное воздействие на процесс формирования инновационного человека. Другие полагают, что это вызовет негативный синергетический эффект для человеческой цивилизации в целом.

Как показывают глобальные тенденции развития инновационной сферы в промышленно развитых странах, важнейшим элементом политики в последние годы становится совершенствование и изменение всей системы институтов, связанных с инновационной сферой. Идет активная институциональная реформа в области организационно-управленческих подсистем национальных инновационных систем, нормативно-правовой инновационной инфраструктуры. Формируются наиболее благоприятные условия для науки и бизнеса, нормативно-правовой базы партнерства государства и частного сектора, что наиболее характерно для инновационной сферы деятельности. Активизировалась конкуренция за «место под солнцем» в сфере глобальной инновационной деятельности. В целом наибольшую активность в этих реформах проявляют, в частности, такие страны, как Великобритания, Франция, США, Япония и другие промышленно развитые страны. Они предпринимают интенсивные действия по построению современной архитектуры национальных инновационных систем, включающих такие подсистемы, как образовательные, управленческо-организационные, научно-технологические, социально-экономические, финансовые, фискальные,

нормативно-правовые и пр. Кроме того, правительства этих стран выходят на глобальный уровень, с тем чтобы выстроить соответствующие глобальные инновационные подсистемы, которые вписывались бы в соответствующие национальные инновационные системы. Примером являются определенные политические действия в этом контексте, предпринимаемые странами G-8. Видимо, в перспективе к этому присоединятся и страны G-20.

Революция NBIC-технологий, глобальные вызовы и кризисы вносят свои коррективы в традиционную инновационную политику и стратегии развитых стран мира. Это с особой убедительностью показал глобальный финансово-экономический кризис конца первого десятилетия XXI в. Человечество не застраховано от последующих глобальных вызовов и кризисов, таких, например, как энергетический, экологический, демографический и другие, которые сегодня довольно сложно предсказать. Вместе с тем идущая конвергенция и синергия NBIC-технологий могут в значительной степени оказать поддержку правительствам в преодолении и смягчении глобальных вызовов и кризисов XXI в., изменить, в частности, структуру мировой торговли, которая все более будет насыщаться инновационными товарами и услугами.

Другая важнейшая тенденция глобального развития в XXI в. – это зарождение уже на данном этапе различных социальных структур или обществ, формирующихся в результате широкомасштабного развития отдельных глобальных технологий, к которым относятся NBIC-технологии. В результате проникновения этих технологий в различные политические, социально-экономические и культурные подсистемы современной постиндустриальной цивилизации постепенно формируются пока еще мало связанные друг с другом «информационное общество»,

«биообщество», «нанообщество» и в перспективе «когнитивное общество», которые в мировой научной литературе концептуально объединяются под общим названием «общество знаний». Однако конвергенция и синергия NBIC-технологий приведут в конечном итоге, как представляется, к социально-экономической, политической и другим типам конвергенции и синергии, формируя новый «инновационный социум», а в конечном итоге и инновационную цивилизацию XXI в.

¹ Первое издание осуществлено в 1967 г.

² Лем С. Сумма технологии. М.; СПб.: Terra Fantastica, 2002. С. 615.

³ Там же.

⁴ NBIC – Nanotechnology (нанотехнологии), Biotechnology (биотехнологии), Information technology (информационные технологии), Cognitive technology (когнитивные технологии). Далее в тексте приняты следующие сокращения: НТ (нанотехнологии), БТ (биотехнологии), ИКТ (информационно-коммуникационные технологии) и КТ (когнитивные технологии).

⁵ Лем С. Указ. соч. С. 149.

⁶ Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее. Последствия биотехнологической революции. М.: ООО «Издательство АСТ»; ОАО «ЛЮКС», 2004.

⁷ Там же. С. 307–308.

⁸ Ник Бостром (Dr. Nick Bostrom) – философ из Йельского университета. Занимается философией науки, теорией вероятности, изучением этических и стратегических последствий развития таких высоких технологий, как ИКТ, нанотехнологии, генная инженерия, искусственный интеллект и др. В 1998 г. основал Всемирную трансгуманистическую ассоциацию.

⁹ Рей Курцвейль (Ray Kurzweil) – известный американский ученый, изобретатель, технолог и футуролог. Курцвейль создал первую читающую машину для слепых, ему принадлежит автор-

ство многих других технологических новинок и книг. Работал в Массачусетском технологическом институте (MIT), занимается искусственным интеллектом, создал девять суперуспешных инновационно-технологических компаний, автор бестселлера «Эпоха духовных машин» (The Age of Spiritual Machines, 1999). Курцвейль получил одиннадцать почетных докторских степеней и многочисленные награды. Был удостоен Национальной медали по технологии 1999 года, которая является высшей национальной наградой в области технологии, и премией MIT-Lemelson за изобретение и новаторство.

¹⁰ Бостром Н. А не живем ли мы в «Матрице»? Доказательство методом моделирования // Прими красную таблетку: Наука, философия и религия в «Матрице» / Под ред. Г. Йеффета; Пер. с англ. Т. Давыдова. М.: Ультра. Культура, 2003.

¹¹ Евдокимов А. Роботы идут // Журнал «Hard'n'Soft». 2005. № 5. (<http://www.hardnsoft.ru>)

¹² Ричард Филлипс Фейнман – один из создателей квантовой электродинамики и разработчиков атомной бомбы в Лос-Аламосе. Разработал метод интегрирования по траекториям в квантовой теории поля, предложил модель нуклона и теорию квантовых вихрей. Работал в Калифорнийском технологическом институте.

¹³ В.В. Парин (1903–1971) – выдающийся российский ученый, внесший громадный вклад в отечественную и мировую науку, в том числе в экспериментальную кардиологию, клиническую физиологию кровообращения и космическую кардиологию. Один из основателей Академии медицинских наук СССР. В 1947 г. был арестован по ложному обвинению. Реабилитирован в 1954 г. С 1957 г. занимался космической биологией и медициной. В 1965–1968 гг. – директор Института медико-биологических проблем, участвовал в решении всех крупных проблем пилотируемой космонавтики. В 1969 г. – председатель комиссии по проблеме «Применение математических методов и ЭВМ в медико-биологических исследованиях» при АМН СССР.

¹⁴ Предисловие к изданию 1968 г. книги С. Лема «Сумма технологии».

1. Глобальные тенденции и прогнозы¹

Если в первой половине XX в. лидирующим направлением научных исследований была физика (появились теория относительности Эйнштейна и квантовая механика), то во второй половине – БТ и ИКТ.

В конце прошлого века они дополнились исследованиями в области НТ. Фактически все эти исследования стали научно-технологическим старт-апом XXI в. Постепенно лидерство приобретают НТ. Однако, как показывает анализ тенденций развития современной науки и технологий, направлений, целей и задач инновационной политики промышленно развитых стран, можно с достаточной степенью уверенности утверждать: в среднесрочной и тем более долгосрочной перспективе XXI в. станет эпохой когнитивных наук и технологий, связанных с мозгом, сознанием и психикой человека.

Если БТ, ИКТ и НТ получили в мировой практике название «глобальные технологии» из-за своих масштабов, охвата стран и внедрения в большинство отраслей экономики, то такое же будущее, видимо, ждет и КТ, так как они будут охватывать все население Земли, трансформацию его образования и мышления, разум, мозговую и психическую деятельность и социум в целом. Ведь фактически «мозг человечества» в той или иной степени представляет собой единую взаимосвязанную глобальную интеллектуальную систему фантастической сложности. Не исключено – КТ в сочетании с БТ, ИКТ и НТ окажут мощное воздействие на эту глобальную интеллектуальную систему. Будет ли это воздействие исключительно позитивным или негатив-

ным, или тем и другим вместе взятым – загадка. Остается лишь гадать или пытаться прогнозировать, создавать «форсайтинговые модели» инновационного направления развития человеческой цивилизации, отличающейся от постиндустриальной.

Глобальные технологии продвигаются не только на громадные пространства нашей планеты, не только воздействуют на экономику отдельных стран и континентов, но и непосредственно воздействуют на человека и в целом на человечество. Глобальные технологии, являясь по своему происхождению и содержанию инновационными технологиями, оказывающими стимулирующее воздействие на процесс протекания глобализации, в то же время могут привести к обесчеловечению, обезличиванию, унификации когнитивного потенциала человечества, к стандартизации его сознания. В конечном итоге это может затормозить инновационную деятельность и творческую активность человека в XXI в., так как инновационность по своему определению противоположна стандартизации и унификации.

Как показал XX в., унификация мышления и его идеологизация могут привести к тоталитаризму, фашизму, нацизму, коммунизму и другим негативным проявлениям человеческой натуры. Как считает, например, известный российский философ и писатель И. Гарин, тоталитаризм связан с негативными свойствами человеческой психики – похотью властвования, злобностью, склонностью к насилию, нивелированию, стадности, подавлению человека человеком. Так устроен и так действует в определенных обстоятельствах мозг человека².

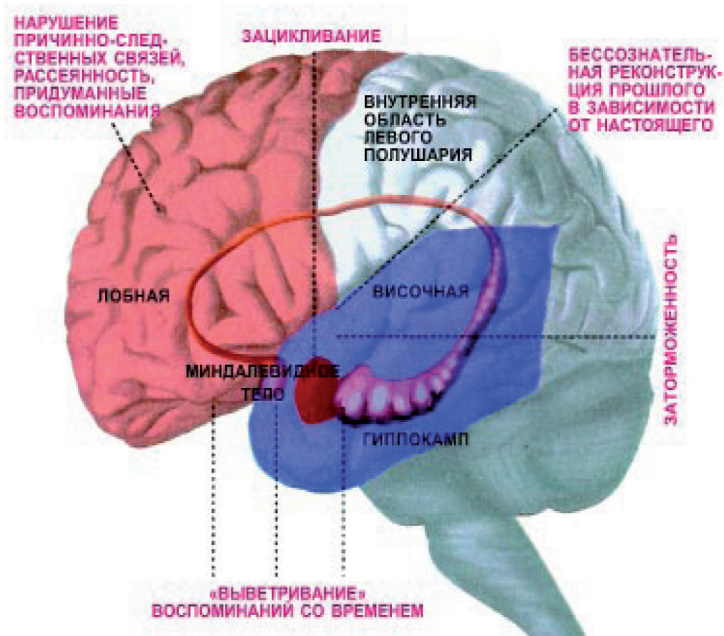


Рис. 1. Трехмерная модель мозга человека

Источник: <http://www.visualscience.ru>

Мозг человека, и в первую очередь его лобные доли, по определению известного ученого Элхона Голдберга³, являются важнейшим центром, направляющим развитие человека и человечества в целом. Об этом можно судить по содержанию его известной книги «Управляющий мозг: лобные доли, лидерство и цивилизация»⁴.

Конструктивная трехмерная модель мозга человека, где показаны его функциональные области, включая лобные доли, представлена на рис. 1. Именно в лобных долях находится один из управляющих центров воздействия человека на окружающий мир, а следовательно, и на развитие инновационной цивилизации и экономики.

Лобные доли исключительно важны для познания и формирования высших форм поведения человека (формирование и принятие целей, анализ, оценка, планирование деятельности и пр.). Именно они, по Э. Голдбергу, – главные управ-

ляющие мозга, координирующие все его функции. Мозг – это глобальная конструкция природы, которая охватывает практически все направления и формы деятельности человека, включая государственное управление и бизнес, инновационную сферу, культуру, искусство, религию и т. д., т. е. комплексное воздействие на социум человечества. По мнению Э. Голдберга, лобные доли фактически являются «органом цивилизации»⁵. Можно добавить, что это орган инновационной цивилизации, который, как представляется, особенно активно проявит себя в XXI в. Этому, в частности, будет содействовать применение когнитивных технологий, включая технологии повышения эффективности интеллектуального потенциала человека, его мышления, сознания и разума. Ученый, в частности, утверждает, что важнейшая управляющая функция мозга – стимулирование человека к твор-

честву, а следовательно, к инновационной деятельности и исследованиям.

Как отмечает Оливер Сакс в предисловии к книге Э. Голдберга, в лобных долях заложена «интенциональность индивидуума», или его стремление к созиданию и инновационности. С другой стороны, лобные доли мозга принципиально важны для высшего сознания, суждения, воображения, эмпатии, идентичности, «души» человека⁶.

NBIC-технологии и их синергия могут оказать как позитивное, так и негативное воздействие на лобные доли человека, его структуру и качественные характеристики. Это может привести к необратимым последствиям для человека и будущей цивилизации, о чем писал еще гениальный философ XX в. Мартин Хайдеггер.

Всемирно известный американский ученый, социолог и философ Элвин Тоффлер, автор книг «Метаморфозы власти», «Шок будущего» и широко известной книги «Третья волна» об информационной революции, отмечает в своей новой книге «Революционное богатство. Как оно будет создано и как оно изменит нашу жизнь», что развитие ИКТ и компьютеров добавит «постоянно увеличивающийся объем знаний во внешних хранилищах к тому, что находится в шести миллиардах наших голов, мы получим представление о полном количестве знаний – то, что можно назвать совокупным запасом знания (СЗЗ)»⁷.

Э. Тоффлер приводит данные, полученные американским ученым-компьютерщиком М. Леском из Национального научного фонда США – NSF (National Science Foundation). Согласно данным этого ученого, «тотальная память» всех живущих сейчас на нашей планете людей равна 1200 петабайтам⁸. Если один петабайт равен 1 125 899 906 842 624 байтам, то суммарный объем информации, находящийся в головах человечества, представляет собой космическую цифру. Эта информация может

быть оцифрована. Если данную информацию рассматривать как внутреннюю, то внешняя, которая хранится в базах данных библиотек, организаций, фирм, правительств, университетов, НИИ и т. д., тоже имеет колоссальную емкость. По оценке М. Леска, общий суммарный объем «внутренней» и «внешней» информации человеческой цивилизации составляет 12 000 петабайт⁹.

В соответствии с некоторыми идеями и гипотезами ученых физиков, биологов, нейропсихологов и других человеческий мозг работает на принципах квантовой механики. Первая квантовая модель мозга была предложена еще в 1967 г. В настоящее время рассматриваются такие идеи функционирования мозга, которые связаны с биомагнетизмом, магнитным резонансом и спиновым эффектом, что, в частности, привело к созданию технологий ядерно-магнитной томографии сканирования мозга человека¹⁰.

Не исключено, что в перспективе развитие ИКТ на основе нанотехнологий даст возможность создать такие блоки памяти, которые будут вмещать всю эту информацию в мозге конкретного индивидуума. Это увеличит его интеллектуальные и когнитивные возможности на много порядков выше, чем это имеется у биологического мозга. Встает вопрос: к каким последствиям это приведет самого человека и цивилизацию в целом? С одной стороны, например, это может оказать помощь в борьбе с болезнями Альцгеймера и Паркинсона, которые считаются неизлечимыми в настоящий момент, а с другой – например военной? Что даст конвергенция и синергия военных NBIC-технологий в перспективе?

В докладе, составленном для Разведывательного управления Министерства обороны США, ведущие американские ученые информируют о перспективах развития наук о мозге в ближайшие 20 лет. Как

отмечено в докладе, «число людей в нашем разведывательном сообществе, осведомленных о научном прогрессе в этой области, крайне мало. В этой связи практически невозможно предсказать, какие сюрпризы нас ожидают. Это «черная дыра», которую необходимо заполнить светом»¹¹. По мнению авторов доклада, в этот период, например в области нейрофизиологии, могут с высокой долей вероятности появиться новые медицинские препараты и технологии. Их развитие, возможно, приведет к исключительно серьезным, драматическим для цивилизации последствиям. К ним относятся препараты, влияющие в целом на психику, разум и поведение человека. Появятся сканеры, способные интерпретировать состояние сознания человека, и устройства, способные усиливать его слух или зрение специально для военных целей. Как считают американские специалисты, в роли оружия в будущей войне могут выступать технологии контролирования дронов¹² и «фармакологические противопехотные мины», которые будут выводить из строя солдат. Сканеры и другие технологические устройства могут быть использованы для поиска подозреваемых в зависимости от соответствующей активности мозга или для того, чтобы помешать этим подозреваемым лгать во время допросов. В этом контексте выделяются, в частности, так называемые технологии транскраниальной электростимуляции. При применении этих технологий, создающих соответствующие электрические импульсы, человек лишается возможности лгать.

В США ведутся работы по созданию устройств, воздействующих на мозг микроволновыми импульсами. Принцип действия этого оружия основан на нагреве внутренних тканей головы короткими микроволновыми импульсами. По словам Л. Садовника, представителя корпорации Sierra Nevada, отвечающей за разработку

пси-оружия, такие серии импульсов воздействуют на человека громкостью и раздражающим характером звуков. Звук возникает как бы внутри мозга и заблокировать его практически невозможно¹³.

По сообщению «Гардиан», для повышения активности солдат, как отмечается в отчете, видимо, будут использоваться фармакологические препараты модафинил и риталин. В результате целенаправленного исследования деятельности мозга человека появятся новые NBIC-технологии, а также военная техника, позволяющая подсоединить к мозгу соответствующие биочипы, которые дадут, например, возможность управлять беспилотными самолетами на основе мыслительных действий человека, используя соответствующие датчики, закрепленные на его голове.

Взгляды ученых на работу мозга, мышление, разум и другие проблемы когнитивных наук различны и зачастую диаметрально противоположны.

В свое время американский нейрофизиолог, лауреат Нобелевской премии Дэвид Хьюбел¹⁴ заметил: «Чтение мыслей и управление ими вероятны в такой степени, в какой вероятна поездка на уик-энд в галактику Андромеды и обратно»¹⁵. Однако, как сообщается в печати, ученые Будапештского университета технологий и экономики разработали недавно систему, способную угадывать мысли человека. Открытие было сделано во время исследования биоритмов игроков компьютерных игр. Измеряя сердцебиение, электрическую активность мозга и проводимость кожи игроков, ученым удалось безошибочно предсказать все их последующие действия. По мнению разработчиков, эти технологии будут использоваться в медицине и авиации. Венгерские ученые полагают, что, используя эти технологии, электроника в истребителе может намного быстрее реагировать на команды летчика, включая опре-

деленную функцию раньше нажатия им соответствующей кнопки, до того как человек лишь подумает о ней¹⁶.

NBIC-революция XXI в. будет отличаться от технологий и рационализма эпохи Просвещения, от науки и технологий промышленной революции и «третьей информационной волны» Тоффлера, связанной с развитием ИКТ, а также от постиндустриального общества тем, что в глобальной синергии NBIC-технологий ведущее положение займут когнитивные науки и технологии. Они будут менять саму сущность человека и его индивидуальность, а не только создавать механизмы и технику, облегчающую, улучшающую или увеличивающую физические возможности человека, что было характерно для эпохи Просвещения и XX в., в частности. Еще Ф. Ницше заметил, что цивилизация, которая без осмысления, раздумий и определенных тормозов бросается в объятия научно-технологического прогресса, разрушает свои собственные создания: Бога, разум, этику, различные социально-экономические конструкции и психику человека, в результате чего ей грозит разрушение и коллапс.

В этой связи можно сказать, что инновационная экономика, а в конечном итоге инновационная цивилизация, к которой стремятся по крайней мере развитые страны, в том числе и Россия, требуют четкого осмысления не только научно-технологического пути этого направления развития, но и интеллектуально-духовных последствий NBIC-революции. Инновационная цивилизация не сможет обойтись без решения этих последствий. Это будет, как представляется, основой, парадигмой инновационного развития XXI в., связанного с изменением мышления, сознания и разума человека в результате воздействия NBIC-технологий.

Важнейшие векторы развития NBIC-технологий связаны с тенденцией их кон-

вергенции и синергии, что более подробно рассматривается ниже. Кроме того, как уже было сказано, вектор развития когнитивных наук и технологий займет лидирующее положение в рамках всей интегральной группы NBIC-технологий.

¹ Beckert B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Appendix C. The Ontological Politics of Convergence. Authors: Steeve Woolgar, Christipher Coenen, Elena Simakova Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities (CONTECS). Deliverable D3.2/April 2008.

² Гарин И. Воскрешение духа. М.: ТЕРРА, 1992. С. 6–8.

³ Элхонон Голдберг – профессор, известный ученый в области когнитивной нейронауки, специалист по деятельности мозга и клинической нейропсихологии, профессор и директор Института нейропсихологии и познавательных процессов Нью-Йоркского университета, лауреат Американского Совета профессиональной психологии в области клинической нейропсихологии. Читает лекции в вузах США, Европы, Австралии, Израиля и Латинской Америки. Всемирную известность Э. Голдбергу принесли работы в области нейропсихологической теории, функциональной организации коры головного мозга, межполушарной асимметрии, лобных долей и памяти, а также разработка новых диагностических и восстановительных методов. Впервые ввел понятия «когнитивное здоровье», «когнитивные упражнения» и «когнитивная гимнастика». В 1960-е годы изучал нейропсихологию в Москве в МГУ. Его учителем был выдающийся, всемирно известный русский нейропсихолог А. Р. Лурия.

⁴ Голдберг Э. Управляющий мозг: лобные доли, лидерство и цивилизация / Пер. с англ. Д. Бутакова. М.: Смысл, 2003.

⁵ Там же. С. 23.

⁶ Там же. С. 6.

⁷ Тоффлер Э., Тоффлер Х. Революционное богатство. Как оно будет создано и как оно изменит нашу жизнь. М.: АСТ МОСКВА, 2006. С. 161.

⁸ Петабайт (Пбайт, Пб) – единица измерения количества информации, равная 2^{50} стандартным (8-битным) байтам или 1024 терабайтам. Применяется для указания объема памяти в различных электронных устройствах. Название «петабайт» общепринято, но формально оно неверное, так как приставка «пета» означает 10^{15} , а не 2^{50} . Правильной для 2^{50} является двоичная приставка «пеби».

⁹ Тоффлер Э., Тоффлер Х. Указ. соч. С. 162.

¹⁰ Фурса Е.Я. Мироздание – мир волн, резонансов и... ничего более. Наука подтверждает мысли мудрецов Востока. Минск: УниверсалПресс, 2007. С. 271, 365–387, 444–459.

¹¹ Brain will be battlefield of Future, warns US intelligence report / Wednesday August 13 2008. – <http://www.guardian.co.uk>

¹² Дрон – беспилотный летательный аппарат (БПЛА) военного применения, синоним понятия военного робота. В задачу автономных систем входит выполнение миссий, потенциально опасных для человека, в более широком смысле – мобильный, автономный аппарат, за-

программированный на выполнение каких-либо задач.

¹³ Взгляд: Деловая газета. – <http://www.vz.ru/society/2008/9/13/207177.html>

¹⁴ Совместная Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена в 1981 г. американскому ученому Дэвиду Хьюбелу, шведскому ученому-нейробиологу Торстену Нильсу Визелу и американскому неврологу Роджеру Уолкотту Сперри (1913–1994). Д. Хьюбел и Т. Визел получили первую половину премии за открытия, касающиеся принципов переработки информации и расшифровки клетками головного мозга зрительных сигналов, показав, что каждый нейрон отвечает за определенную деталь в изображении. Вторая половина премии была присуждена У. Сперри. В своей Нобелевской лекции он отметил: «Когнитивная интроспективная психология и связанные с ней науки о познавательных функциях уже не могут оставаться вне поля зрения экспериментаторов. Весь мир внутренних переживаний, который столь долго отвергался материалистической наукой XX в., оказался наконец признанным ею и вошел в сферу научных исследований».

¹⁵ Фурса Е.Я. Указ. соч. С. 464.

¹⁶ Ученые научились читать мысли // Взгляд: Деловая газета. – <http://www.vz.ru/society/2007/9/11/108322.html>

2. Конвергенция и синергия NBIC-технологий. Когнитивные науки и технологии

Конвергенция. Под конвергенцией¹ (от лат. Convergo – сближаю) понимается процесс сближения или схождения в различных областях естественных и гуманитарных наук (политике, биологии, лингвистике, технологиях и т. д.). Например, в биологии – это сближение признаков в результате эволюции различных групп неродственных друг другу организмов, и как следствие – приобретение ими сходного строения. В результате биоконвергенции органы, выполняющие у разных организмов одну и ту же функцию, приобретают подобные структуры и строение.

Конвергентное сходство никогда не бывает абсолютным, глубоким. Лингвистическая конвергенция, например, характеризуется возникновением в нескольких языках, как родственных, так и неродственных, общих структурных свойств. Конвергенция в политике и экономике представляет собой процесс сближения между различными странами, находящимися на различной стадии исторического, политического, экономического и культурного развития. Политическая и социально-экономическая конвергенция особенно характерна для современного этапа глобализации и глобальной экономической, промышленной и научно-технологической интеграции.

Термин «конвергенция» в сфере экономики получил свое признание в 1960–1970-е годы как следствие разработки теории конвергенции представителями институционализма (П. Сорокиным, У. Ростоу, Дж. К. Гэлбрэйтом и др.), использовавшими концепцию формирования

гибридной, или смешанной, формы капитализма и социализма, когда индустриальная, а затем постиндустриальная цивилизации будут представлять собой некое новое общество. В начале XXI в., видимо, начинается процесс конвергенции глобального социума. Начал формироваться процесс глобальной инновационно-технологической конвергенции и интеграции.

Начавшийся в конце XX – начале XXI в. активный процесс инновационно-технологической конвергенции означает не только взаимное влияние, но и взаимопроникновение технологий, когда границы между отдельными технологиями стираются, а конечные результаты появляются в рамках междисциплинарных НИР на стыке различных областей науки и технологий. Технологическая конвергенция особенно четко проявилась в настоящее время на стыке технологий, входящих в «комплект» NBIC-технологий, которые представляют собой слияние различных наук и технологий в единую научно-технологическую область знания. Такая научная область будет включать в предмет своего изучения почти все уровни организации материи: от атомно-молекулярной природы вещества (нано), до природы жизни (био), природы разума (когно) и процессов информационного обмена в материальных структурах (инфо). Видимо, в результате может возникнуть мета-область знаний².

На международном политическом уровне концепция конвергенции технологий была разработана экспертами ряда промышленно развитых стран, входящих в ЕС и G-8, еще в начале XXI в. В своей основе

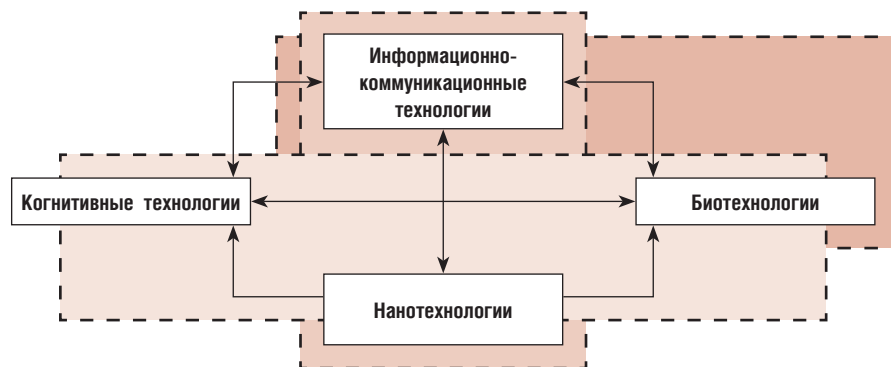


Рис. 2. Схема конвергенции NBIC-технологий

Источник: Converging Technologies for Improving Human performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science / Roco, Mihail C.; Bainbridge, William S. (eds.) Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Press. NSF/DOC-sponsored report, Arlington, VA: National Science Foundation, 2003.

эта концепция базируется на материалах четырех конференций, проведенных в США (2001–2005 гг.), и докладов европейской Группы экспертов высокого уровня HLEG (High Level Expert Group).

В США эти конференции проводились под эгидой «Национальной nanoинициативы» Президента США и NSF, а в Европе – под эгидой ЕС. По результатам обсуждений за основу концепции технологической конвергенции был взят принцип «синергетической комбинации четырех научно-технологических областей», развивающихся с исключительной скоростью. Это: 1) нанонаука и нанотехнологии, 2) биотехнологии и биомедицина, включающие генную инженерию, 3) информационные технологии, включающие новейшие компьютерные и коммуникационные технологии и 4) когнитивные науки, охватывающие нейронауки и когнитивные технологии. Эти области получили общепринятый и используемый в настоящее время в мировой практике термин «NBIC-науки и NBIC-технологии». Иллюстративно схема технологической конвергенции была пред-

ложена в 2003 г. американскими учеными М. Роко и У. Бейнбриджем из Национального научного фонда США (рис. 2).

Ниже приведена другая концептуальная система технологической конвергенции и синергии NBIC-технологий, иллюстрирующая различные взаимосвязи, позитивные и негативные стороны этого процесса и в результате построение инновационной цивилизации XXI в. (рис. 3).

Для построения данной системы нами был использован известный древнекитайский символ «Инь и Ян»³, где темный цвет – это негатив, отрицание, а светлый, белый – позитив. В него введена соответствующая структура взаимосвязи и воздействия технологической конвергенции и синергии, имеющая три важнейших «конструктивных» элемента будущей инновационной цивилизации: 1) инновационная экономика XXI в., 2) социум XXI в., включающий политические и социальные институты, человека, общество, культуру и религию, 3) биосфера XXI в., т. е. «Природа».

Как считает известный французский историк школы «Анналов» П. Шоню, эпоха

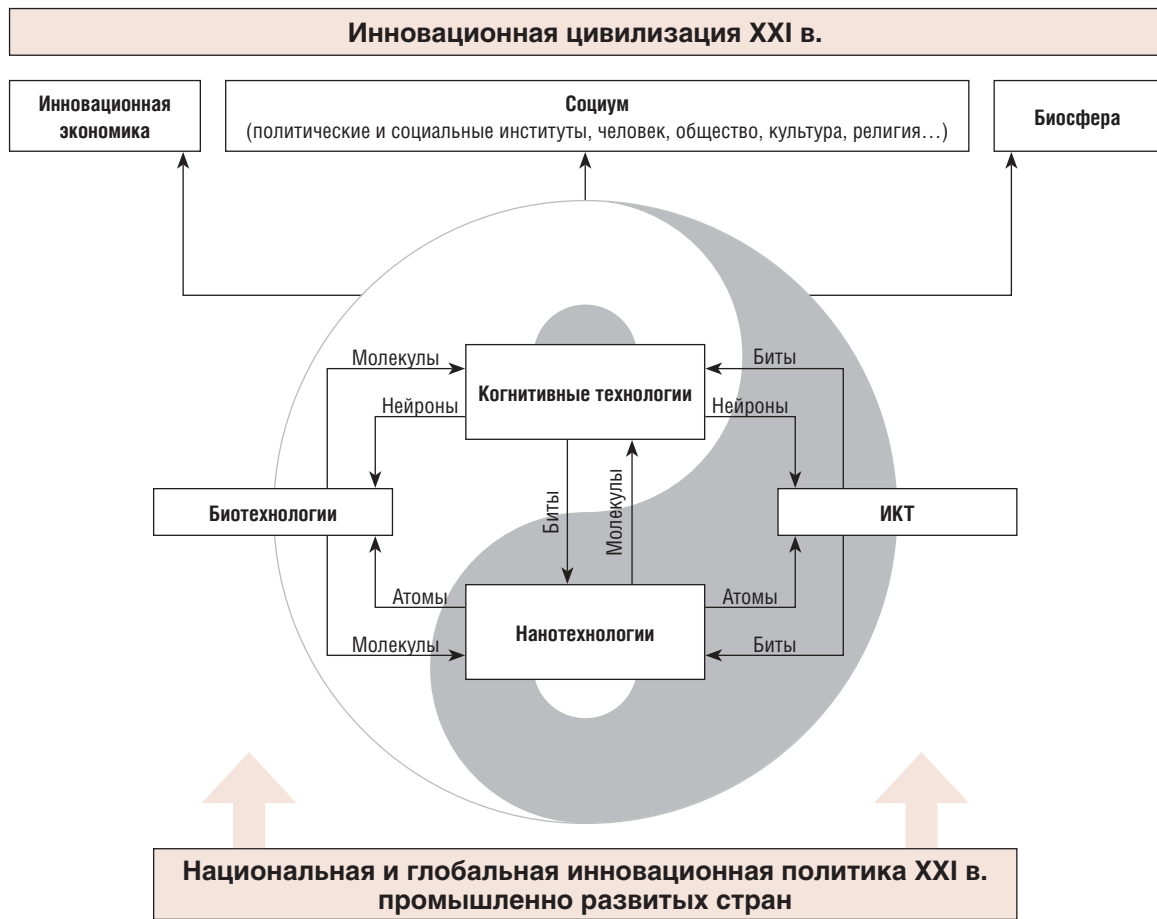


Рис. 3. Позитивные и негативные последствия конвергенции и синергии NBIC-технологий (принцип «Инь – Ян»)

Возрождения усовершенствовала математический аппарат и отчасти признала, следуя китайской модели развития цивилизации, символ «Инь и Ян» как один из источников жизни человека. Такое признание привело к осознанию клеточной структуры растений⁴.

NBIC-технологии, находящиеся внутри подсистемы «Инь – Ян», своими позитивными и негативными импульсами оказывают различное воздействие на экономику, социум и биосферу. Строительные блоки в этой схеме – атомы, молекулы, биты информации и нейроны, явля-

ющиеся фундаментальными элементами NBIC-технологий, взаимодействуют друг с другом различным образом в процессе конвергенции и синергии этих технологий. Важный элемент в данной концептуальной системе – национальная и глобальная политика промышленно развитых стран, которая ускоряет/замедляет или приводит к стагнации развитие NBIC-технологий, а следовательно, и всего процесса формирования инновационной экономики XXI в. В принципе рассмотренная система дает иллюстративное представление о большой, высокой сложности глобальной системе,

работа которой в перспективе объективно будет детерминироваться принципами синергетики, т. е. как нелинейная самоорганизующаяся система инновационной цивилизации XXI в. Этой нелинейной системе будут свойственны синергетические циклы бифуркации, хаоса, появления различных типов аттракторов и других элементов, выванных технологической синергией⁵.

Синергетика⁶. Синергетика как трансдисциплинарное направление науки решает проблемы формирования упорядоченных систем из хаоса и беспорядка в природных, социальных, технологических и других системах⁷. Синергетика – это центральная часть постнеклассической науки. По мнению Н. Винера, она является наследницей кибернетики как науки о связях и управлении в животном мире и в антропогенных системах.

В рамках синергетики или постнеклассической науки учитывается активная роль субъекта в познании нелинейных систем. Г. Хакен, определяя суть этой науки, отмечал, что синергетика занимается изучением систем, состоящих из многих подсистем самой различной природы, таких как электроны, атомы, молекулы, клетки, нейроны, механические элементы, фотоны, органы, животные и даже люди. При изучении сложных систем, состоящих из большого количества подсистем, необходимо перерабатывать громадный объем информации и последующее ее сжатие. Синергетический подход определен Г. Хакеном как сжатие информации без каких-либо ее потерь. В рамках синергетического подхода объединяются теория диссипативных (от англ. dissipate – рассеивать) структур И. Пригожина и собственно синергетика Г. Хакена – теория описания процессов, сопровождающихся взаимным, «кооперативным эффектом».

Синергетика – научное направление, изучающее общие явления самоорганиза-

ции, но в то же время под «крышей» синергетического подхода объединяются в особый класс динамические, физические, химические и биологические структуры, которые раньше не сводились вместе.

Согласно другим определениям, например в новейшем философском словаре⁸, синергетика — это ведущее и перспективное направление современной науки, представляющее собой естественнонаучный вектор развития теории нелинейных систем. Один из основателей синергетики как новой, инновационной, системы миропонимания – бельгийский ученый российского происхождения, лауреат Нобелевской премии И.Р. Пригожин⁹. Определенный вклад, в частности в области теории вероятностей, внес российский академик А.Н. Колмогоров¹⁰.

Синергетика, согласно работам И. Пригожина, трактуется как современная теория самоорганизации, нелинейности, неравновесности, становления «порядка через хаос», «бифуркационными изменениями» и др. «Проблемное поле синергетики» концентрируется вокруг понятия «сложность». Синергетика отошла от традиционной концепции малозначимости микрофлуктуаций¹¹ для формирования и функционирования сложных систем. Вместо понятия «синергия» иногда употребляется термин «синергетический эффект», характеризующий возрастание эффективности деятельности в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему за счет так называемого системного эффекта (эмерджентности). Междисциплинарность синергетики и ее общенаучная значимость в конечном итоге привели к инновационным методам и принципам научного мышления.

Кроме того, понятие «синергия»¹² происходит от греческого слова *συνεργία* – Synergos и обозначает совместное, ком-

бинированное взаимодействие различных факторов или векторов развития, результат взаимодействия которых и их влияние на внешнюю среду, будь то создание инновационного продукта или развитие инновационной экономики в целом, значительно превышает воздействие какого-либо одного фактора или вектора. Таким образом, именно технологическая синергия NBIC-технологий, по нашему мнению, будет оказывать многофакторное, кардинальное воздействие на инновационную экономику XXI в., а также социальные, политические, философские, социально-психологические, морально-этические, религиозные и другие элементы инновационного развития той или иной страны. Это и приведет к синергетическому эффекту развития инновационной экономики и в конечном итоге к формированию инновационной цивилизации XXI в.

Вполне естественно, что делать прогнозы в отношении областей конвергенции и результатов синергии NBIC-технологий в XXI в. довольно сложная и не всегда благодарная задача. Тем не менее в ряде промышленно развитых стран при разработке инновационной политики до 2020–2030 гг. осуществляются форсайт-инициативы и синергетические оценки формирования таких областей, включая возникновение синергетических эффектов в результате создания и функционирования NBIC-технологий в соответствующем социуме.

Из анализа различных материалов, докладов и прогнозов ученых, главным образом стран G-8, можно выделить несколько наиболее важных потенциальных областей конвергенции и синергии развития NBIC-технологий. Они включают, в частности: 1) расширение интеллектуального, когнитивного потенциала и коммуникационных возможностей человека, 2) улучшение здоровья и физических возможностей челове-

ка, включая борьбу со старением, 3) усиление результативности деятельности социальных групп и в целом общества, 4) укрепление национальной безопасности и обороны, 5) интеграция науки и образования. В рамках этих областей могут зарождаться различные комбинации конвергированных технологий, таких, например, как «нано-био», «нано-ИКТ», «нано-когно», а также социально-экономические последствия их воздействия на социум.

Приблизительная направленность и прогноз различных комбинаций технологической конвергенции NBIC-технологий, а также «перспективный комплект» конвергированных NBIC-технологий представлены в табл. 1.

По линии упоминавшейся европейской группы экспертов высокого уровня HLEG акцент при разработке инновационной политики ЕС делается не на областях конвергенции, а на конкретных направлениях НИР, которые необходимо осуществить, чтобы перейти к созданию конвергированных технологий и на их основе разработать соответствующую товарную продукцию к 2020–2030 гг. Этой группой выделено пять основных направлений НИР, в которых предусмотрена разработка конкретных конвергированных технологий и соответствующих аппаратов, приборов и другой перспективной инновационной продукции.

Так, например, направление № 1 «Здравоохранение» включает создание: 1) технологий и так называемых лабораторий, вмонтированных в чипы с целью проведения быстрого сканирования состояния здоровья и определения диагноза больного, в том числе находящегося на удалении от лечебного заведения пациента, 2) «умных протезов», способных реагировать на сигналы мозга человека и передавать ему обратно соответствующую сенсорную информацию, и др.

Прогноз потенциальных конвергированных NBIC-технологий XXI в.

Структура конвергенции*	Конвергированные NBIC-технологии
КТ – БТ – ИКТ	Технологии, устанавливающие связь электронных чипов с нервной системой человека Технологии создания гибридных форм жизни Технологии воздействия на нейроны мозга человека Технологии установления наноконтактов с мозгом человека Технологии мониторинга и стимулирования деятельности человека с использованием систем дистанционных датчиков Технологии усиления интеллектуального и чувственного восприятия Технологии «ментального бессмертия» Технологии установления прямых контактов с мозгом человека
КТ – ИКТ – НТ	Технологии молекулярной сборки современных информационных систем на основе метода «снизу вверх» Технологии формирования интеллектуальной среды для повышения когнитивного потенциала человека Нанотехнологии повышения уровня чувственных систем человека
КТ – НТ – БТ	Технологии, содействующие расширению интеллектуального потенциала человека Технологии создания искусственных клеток мозга Технологии оживления и активации биосистем Механический интеллект
НТ – БТ – ИКТ	Молекулярное нанопроизводство на основе метода «снизу вверх»
ИКТ – БТ – НТ	Технологии биоинформатики и телемедицины Технологии мониторинга эмоций человека Моделирование ДНК Технологии изготовления органической продукции по заказу потребителя Технологии протеомики
НТ – БТ	Нанотехнологии выращивания колоний микроорганизмов с использованием синтетических материалов
БТ – НТ	Технологии кастомизации (целевого изготовления) фармацевтических препаратов в соответствии с индивидуальными потребностями больного Технологии определения раковых клеток и их деструкции Технологии разработки и производства «умных бактерий» Технологии кастомизации биопродукции
ИКТ – БТ – КТ	Технологии киберпространства Технологии искусственного интеллекта Технологии программирования сознания Объекты, сопряженные с киберпространством Сенсоры и сенсорные информационные сети Технологии формирования гибридного кибер- и физического пространства
ИКТ – БТ	Компьютерное моделирование ДНК Квантовый инжиниринг Технологии создания гибких дисплеев Технологии, содействующие всепроникающей вычислительной технике Телемедицинские системы

* Когнитивные (КТ) – нанотехнологии (НТ) – биотехнологии (БТ) – информационно-коммуникационные технологии (ИКТ).

Направление № 2 «Образование» охватывает технологии, формирующие визуальную среду знаний, когнитивные возможности человека и «интеллектуальную окружающую среду», стимулирующую у человека когнитивный потенциал, связанный с процессом познания. Здесь также могут возникнуть социальные флуктуации, как и в рамках направления № 1.

Направление № 3 – «Инфраструктура ИКТ». Разработка и создание: 1) систем экологического мониторинга на основе ИКТ и встроенной в окружающую среду сенсорной системы, которая автоматически дает сигнал об экологическом загрязнении, в том числе о распространении вредных для конкретного человека аллергенов, 2) ИКТ, интегрирующих и передающих информацию конкретному человеку о состоянии продовольственных продуктов, как при их покупке, так и потреблении, включая предоставление индивидуальных диетических советов, 3) интегральных гибридных транспортных систем, работающих с широким применением ИКТ, 4) искусственного интеллекта и систем лингвистических переводов на базе ИКТ.

Направление № 4 «Экология» и направление № 5 «Энергетика» включают разработку и создание: 1) новых энергоносителей и технологий их хранения, имитирующих природные системы, 2) возобновляемых источников энергии, включающих фотоэлектрические системы, технологии водородной, геотермальной и солнечной энергетики, 3) автономных «умных жилищ» и «умных энергосистем»¹³, 4) биомиметических технологий, имитирующих природные процессы и интегрирующих фотоэлектрические системы в «умные материалы», 5) экологических сенсоров, инкорпорированных в информационные системы и системы управления. Представляется, что применение технологий по направлениям № 1–5 даст в целом позитив-

ный эффект. Однако дороговизна и недоступность некоторой аппаратуры и технологической инновационной продукции для всех членов общества могут с точки зрения принципов технологической синергетики вызывать определенные социальные флуктуации и хаос в социуме.

Анализ американских и европейских источников, в которых дается более 100 областей возможной конвергенции NBIC-технологий, позволил сделать примерную классификацию потенциальных областей конвергенции, а следовательно, и синергетических последствий. Эта классификация НИР состоит из восьми областей, или кластеров конвергенции NBIC-технологий (рис. 4). Как показывает анализ, основной акцент в инновационной политике промышленно развитых стран делается на НИР, нацеленных на усиление нейросистем и потенциальных возможностей мозга человека, а также на развитие когнитивной и компьютерной нейронауки, наномедицины, искусственного интеллекта, нанoeлектроники, биомедицины, на усиления физических возможностей человека (например, создание экзоскелетов) и др.

Другим элементом классификации конвергентных NBIC-технологий является производственный принцип, определяемый двумя основными методами производства конвергированного продукта. Это: 1) метод «сверху вниз», от макро- до микро- и наноуровня и 2) метод «снизу вверх», т. е. от атомно-молекулярного, наноуровня до микро- и макроуровня. Характерный процесс «производственных» конвергированных NBIC-технологий – сборка продукции по методу «снизу вверх», хотя это направление находится еще в стадии разработки.

Когнитивные науки и технологии.

В «комплект» NBIC-технологий входят важнейшие для современного и особенно для будущих этапов развития инновационной цивилизации XXI в. когнитивные науки и тех-

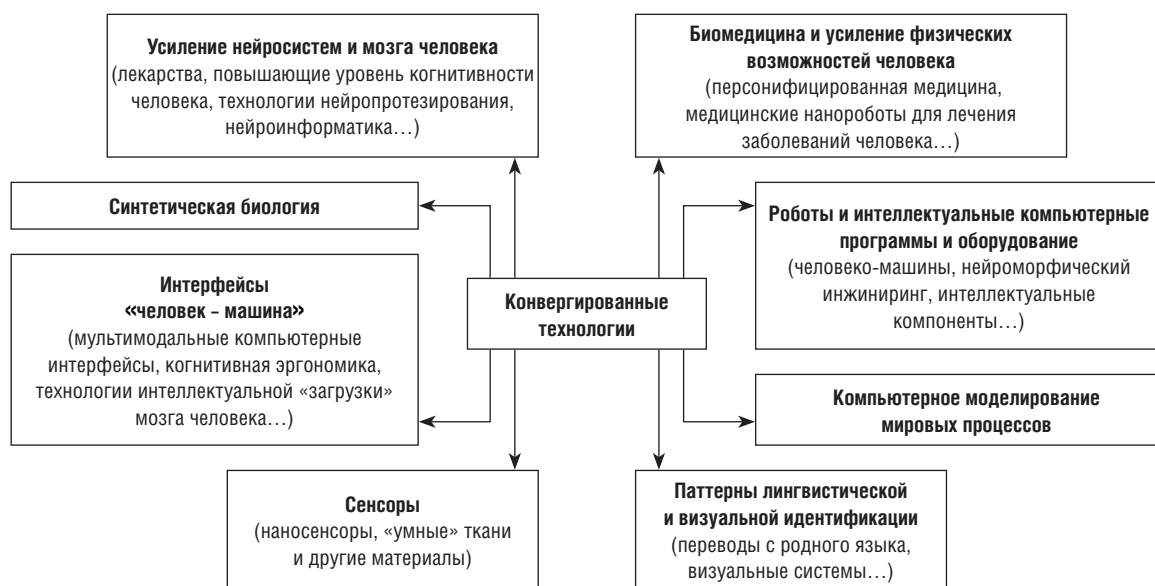


Рис. 4. Классификация кластеров НИР в рамках конвергенции NBIC-технологий

Источник: Beckett B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Deliverable D3.1 – Part A/Fraunhofer, Institute systems and Innovation Research, April 2008. P. 9.

нологии. Видимо, в перспективе они займут, как уже отмечалось, лидирующее положение среди НТ, БТ и ИКТ. Когнитивные науки и технологии прямо или косвенно связаны с исследованиями мозга человека.

Понятие «когнитивность»¹⁴, «когнитивная наука», впервые было введено в практику в 1973 г. известным английским ученым-физиком и химиком-теоретиком Кристофером Лонге-Хиггинсом (1923–2004), который занимался изучением проблем деятельности мозга человека и развития искусственного интеллекта¹⁵.

Существует довольно большое количество определений когнитивных наук. Например, Виртуальная когнитивная лаборатория (The Virtual CogLab) определяет когнитивную науку как совокупность наук о познании, а именно приобретении, хранении, преобразовании и использовании знания. К этим наукам когнитивная лаборатория CogLab относит эксперименталь-

ную психологию познания, нейронауку, компьютерную науку, искусственный интеллект, философию сознания, когнитивную антропологию и лингвистику.

Вообще, термин «когнитивность» используется в различных контекстах, обозначающих в целом способность к умственному восприятию и переработке внешней информации. В психологии это понятие относится к психическим процессам, происходящим в конкретном индивидууме. Когнитивная наука нацелена на изучение и понимание так называемых психических состояний (т. е. убеждений, желаний и намерений). Кроме того, понятие «когнитивность» используется и в более широком смысле, обозначая сам акт познания или же само знание. В этом случае оно интерпретируется в культурно-социальном смысле как обозначающее появление и становление знания, процесс мышления и конкретное интеллектуальное действие.

В семиотической энциклопедии когнитивная наука¹⁶ интерпретируется как междисциплинарный подход к изучению механизмов образования ментальных образов в мозге человека.

Термины «когнитивность» и «когнитивные процессы» часто применяют к таким понятиям, как память, внимание, восприятие, воображение, действие и принятие управленческих решений и др.

Эмоции традиционно не относили к когнитивным процессам, однако сейчас при разработке искусственного интеллекта с использованием возможностей ИКТ этот подход постепенно меняется. Проводятся исследования, изучающие когнитивную составляющую эмоций, а также личностные способности к «осознанию» механизмов познания, известные как «метакогнитивность».

Основатель лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института Марвин Ли Мински, американский исследователь в области компьютерных наук и когнитивной психологии RAND Corp. Аллен Ньюэл (1927–1992) и американский ученый в области политологии, когнитивной психологии, компьютерных наук, экономики и менеджмента Герберт Александр Симен (1916–2001) ввели в свое время такое понятие, как «искусственный интеллект», ставшее разделом когнитивной науки и одним из важнейших направлений инновационной деятельности, особенно в XXI в., когда идет процесс конвергенции нано-, биотехнологий и ИКТ.

³ Согласно древнекитайской символике, Инь и Ян – это две фундаментальные силы, образующие Вселенную и приводящую ее в гармонию посредством взаимодействия. Два круглых символа – это две противоположные, конфликтующие силы, которые могут преобразовываться друг в друга и гармонично дополняют друг друга. Они присутствуют в каждом действии и символизируют две противоположные энергии, которые, видоизменяясь и взаимодействуя, представляют собой противоречивую реальность. Она рассматривается как циклический процесс, символизирующий рождение и умирание, поскольку все, достигнув своей высшей стадии, превращается в свою противоположность.

⁴ Шоню П. Цивилизация Просвещения. Екатеринбург: У-Фактория; М.: АСТ, 2008. С. 287.

⁵ Под технологической синергией мы подразумеваем важнейшую подсистему, являющуюся составной частью естественнонаучной синергетики, которая изучает общие материальные закономерности нелинейных систем и самоорганизации в природе, а также и составную часть социальной синергетики, рассматривающей общие закономерности социальной самоорганизации, взаимоотношения социального порядка и социального хаоса.

⁶ В последние 30 лет были разработаны теории динамического хаоса (М. Фейгенбаум, США), теории диссипативных структур (И. Пригожин, Бельгия; Г. Хакен, ФРГ). Фактически Г. Хакен ввел термин «синергетика» (от др.-греч. Synergeia – содействие, соучастие). Термин прижился в немецкоязычных странах и в России. Первая работа по синергетике Г. Хакена – «Кооперативные явления в сильно неравновесных и нефизических системах» (1975 г.).

⁷ Впервые в истории человечества термин «синергетика» был применен выдающимся византийским богословом, афонским монахом Григорием Паламой в XIV в. Он разработал теологическое учение о синергии как энергетическом взаимодействии Бога и человека, что было узаконено в 1351 г. на поместном соборе Византийской церкви. Палама под процессом взаимодей-

¹ Дивергенция – это противоположное значение понятию конвергенция.

² <http://www.transhumanism-russia.ru/content/view/317/116/>

ствия энергий понимал «круговое движение» или «действие ума» (см.: Липатов А.Т. Метаязык синергетики // Синергетическая парадигма. Социальная синергетика / Институт философии РАН. М.: Прогресс-Традиция, 2009. С. 113–114).

⁸ Новейший философский словарь. – http://slovari.yandex.ru/dict/phil_dict/article/filo/filo-707.htm

⁹ Пригожин Илья Романович (1917–2003) – бельгийский физик и философ русского происхождения, лауреат Нобелевской премии по химии (1977). Основатель Брюссельской школы статистической механики и физической химии. Профессор Брюссельского свободного университета. Директор Центра термодинамики и статистической физики при Техасском университете. Член Бельгийской Королевской Академии наук, литературы и изящных искусств. Иностраный член Академии наук СССР (1982). Основные сочинения: «От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках» (рус. изд. – 1985), «Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой» (соавтор – И. Стенгерс, рус. изд. – 1986), «Переоткрытие времени» (рус. изд. – 1989), «Философия нестабильности» (1989), «Познание сложного. Введение» (соавтор – Г. Николис, рус. изд. – 1990) и др.

¹⁰ Колмогоров Андрей Николаевич (1903–1987) – российский математик, основатель научных школ по теории вероятностей и теории функций, академик АН СССР (1939). В марте 1963 г. был удостоен международной премии

Больцано, которую называют Нобелевской премией математиков.

¹¹ Флуктуации — случайные отклонения от среднего значения параметров, характеризующих сложную систему. Переход системы из равновесных состояний в неравновесные, обладающие меньшей энтропией.

¹² См.: Википедия – Свободная энциклопедия. – <http://ru.wikipedia.org/wiki/Синергия>

¹³ «Умные энергосистемы» – одно из важнейших направлений экономики и повышения энергоэффективности, предложенных Президентом США Б. Обамой в контексте посткризисных мер и развития национальной энергетической системы в перспективе.

¹⁴ Термин «когнитивность» образован от латинского слова *cognitio*, означающего познание, изучение, осознание и даже само знание. Используется в различных контекстах, обозначающих способность человека к умственному восприятию и переработке внешней информации. В психологии данное понятие относится к психическим процессам личности. В культурно-социальном смысле обозначает появление и «становление» знания и концепций, связанных с этим знанием, выражающих себя как в мысли, так и в действии (к ним относят память, внимание, восприятие, действие, принятие решений и воображение).

¹⁵ В 1970-е годы появился журнал «Когнитивная наука», организованный Обществом когнитивной науки.

¹⁶ <http://www.semioticon.com/seo/C/cogsci.html>

3. Перспективные программы и проекты в США и Канаде

Рассмотренные выше научно-технологические тенденции привели к проведению соответствующей научно-аналитической работы в США в рамках RAND Corp. Результатом стала подготовка еще в 2001 г. первого доклада по проблеме NBIC-технологий «Глобальная технологическая революция: тенденции в области био-, наноматериалов и их синергия с информационными технологиями к 2015 г.»¹. В конце 2001 г. по инициативе и при поддержке Национального научного фонда NSF и Министерства торговли США, а также на основе запроса Национального научно-технологического совета при Президенте США (NSTC) и Подкомитета по нанонауке, инжинирингу и технологиям NSET был организован семинар на тему «Конвергированные технологии для улучшения эффективности человека». Результаты семинара были опубликованы в 2002 г. в докладе «Конвергированные технологии для улучшения эффективности человека: нанотехнологии, биотехнологии, информационные технологии и когнитивные науки». В нем, в частности, отмечалось, что к конвергированным технологиям относится синергетическая комбинация четырех основных так называемых NBIC (Nano – Bio – Info – Cogno) наук и технологий, которые в настоящее время находятся в состоянии «революционного взрыва». Они включают развитие: 1) нанонауки и нанотехнологий, 2) биотехнологий, биомедицины и генетического инжиниринга, 3) информационных технологий, современных компьютеров и коммуникаций, 4) когнитивных наук, в том числе когнитивную нейронауку. При этом

было констатировано, что когнитивность не обязательно может достигаться на уровне «квартета» NBIC-технологий. Возможны варианты двойной или тройной конвергенции этих технологий. Все это, в соответствии с выработанными рекомендациями, требует проведения комбинированных, междисциплинарных НИР. Этот принцип и был предложен в качестве стратегического подхода при разработке национальной научно-технологической и инновационной политики США.

С тех пор в научной среде и у политиков, главным образом промышленно развитых стран, появился термин конвергированные технологии, что нашло свое отражение в соответствующей политике и стратегиях НИР, в первую очередь в США, а затем в ЕС.

На первом этапе финансирование и проведение исследований в области NBIC-технологий в США осуществлялось в рамках известной Национальной нанотехнологической инициативы (NNI). Впоследствии конвергенция NBIC-технологий стала составной частью NNI.

Анализ, проведенный западными экспертами в отношении причин, вызвавших активный интерес американского правительства к проблематике конвергенции NBIC-технологий, показывает: первоначально этот интерес носил военный характер. Во-первых, это стало следствием известных событий 11 сентября 2001 г. и необходимостью разработки принципиально новых технологий для борьбы с международным терроризмом, как это было определено еще в рамках администрации

президента США Дж. Буша². Во-вторых, как нам представляется, – это был поиск новых путей повышения конкурентоспособности перспективной инновационной продукции и услуг США на глобальных рынках XXI в. В-третьих, потенциальное использование достижений конвергированных NBIC-технологий для повышения интеллектуальных, психологических и физиологических возможностей человека, включая в перспективе разработку технологий, дающих возможность контроля за его поведением и действиями, хотя последние цели особенно не афишировались.

Правительство США, пока еще, правда, не в полной мере, приняло следующий генеральный приоритет: занять ведущее положение в наступающей эпохе «нового Ренессанса»³ науки и технологий, или, как нам представляется, эпохи построения инновационной цивилизации XXI в. Эта цель была выдвинута как одна из приоритетных в инновационной политике, несмотря на имеющиеся неопределенности и риски в сфере конвергенции NBIC-технологий, а также на продолжающиеся яростные дискуссии между так называемыми биоконсерваторами и трансгуманистами о возможностях и целях конвергенции и синергии NBIC-технологий. Что касается государственной поддержки, в частности по линии Национального научного фонда NSF, военного ведомства DARPA и других министерств и ведомств, то можно с определенной долей достоверности констатировать, что в правительственных кругах имеется поддержка трансгуманистического направления, вытекающего из идей Всемирной трансгуманистической ассоциации WTA (World Transhumanist Association). Известные ученые, члены WTA У. Бейнбридж и М. Роко подготовили в 2006 г. по линии NSF другой доклад по теме управления конвергенцией NBIC-технологиями⁴.

Определенный импульс оказания администрации США поддержки НИР в области NBIC-технологий был стимулирован известной аналитической корпорацией RAND Corp., подготовившей соответствующие доклады по этой теме для Национального совета по разведке США (US National Intelligence Council – NIC). Надо отметить, что для выработки раздела инновационной политики применительно к области морально-этических, социальных, юридических и других последствий развития биотехнологической составляющей комплекса NBIC-технологий был создан Совет по биоэтике при Президенте США, готовящий соответствующие аналитические материалы по данной тематике, относящиеся к проблемам использования биотехнологий⁵.

3.1. RAND Corp. о перспективах развития NBIC-технологий до 2015 г.

Национальный совет по разведке США NIC на протяжении 10 последних лет финансирует в рамках Национального института по исследованиям в области обороны NDRI (National Defense Research Institute) проведение RAND Corp. исследований в области синергии высоких технологий, прежде всего ИТ, БТ и ИКТ. В результате в течение этих лет были подготовлены взаимодополняющие друг друга исследования по перспективным глобальным тенденциям в этой сфере в период 2010–2015–2020 гг.⁶ Это дало возможность внести дополнения и коррективы в прогнозные и форсайт-оценки технологического развития США и мира в целом в первой четверти XXI в.

Результаты исследований показывают, что уже к 2015 г. институты, экономика, политика и социум в целом, в первую

очередь в промышленно развитых странах, будут испытывать революционные изменения под воздействием междисциплинарных, конвергированных технологий практически по всем направлениям. Если следовать логике синергетики, то новая формирующаяся инновационная цивилизация XXI в. станет высокой сложности нелинейной, самоорганизующейся системой со всеми проблемами таких систем: флуктуацией, бифуркацией, хаосом и пр. Так, например, биотехнологии дадут возможность идентифицировать, осознавать, улучшать и контролировать жизнедеятельность различных организмов. ИКТ продолжают свое воздействие на социально-экономические, политические, культурные, религиозные, психологические и другие составляющие цивилизационного развития. Так называемые умные материалы и нанотехнологии кардинально изменят экономику и промышленное производство, медицину и фармакологию, электронику и энергетику.

В результате конвергенции эти технологии могут быть конвергированы в непредсказуемые комбинации с серьезными негативными национальными и глобальными последствиями для конкретного человека и мирового социума в целом, если не будут созданы соответствующие национальные и международные барьеры их негативному воздействию.

Американские аналитики отмечают, что научно-технологическая и инновационная революция XXI в. ставит довольно сложные задачи для осуществления форсайтинга⁷ и перспектив развития экономики США и общества в целом. Тем не менее RAND Corp. дала свои прогнозы по некоторым направлениям революции NBIC-технологий до 2015 г., которые представлены ниже.

Технологическая революция живых систем. Революционный взрыв в развитии биотехнологий начнется, как считают экс-

перты института NDRI, уже к 2015 г. Некоторые достижения в биотехнологиях будут рассматриваться как эволюция растений, животных и в некоторых случаях человека на основе применения методов биоинженерии, что может вызвать соответствующие изменения в биосфере Земли. В настоящее время ведутся исследования по созданию новых, «свободноживущих» организмов, что также будет воздействовать на экосистемы. Аналитики RAND Corp. считают, что к 2015 г. будет увеличена продолжительность жизни населения и качество жизни человека за счет использования различных биотехнологий, базируясь, в частности, на достижениях в области генетики, ДНК, евгеники и клонирования, а также стволовых клеток и др.

Биотехнологическая революция будет опираться не только на науки о жизни, но и на микроэлектромеханические системы MEMS (Microelectromechanical systems), новые «умные материалы», технологии сканирования и биосенсоры.

Наряду с оценками появления перспективных биотехнологий XXI в. американскими аналитиками NDRI был осуществлен так называемый легкий форсайтинг различных социально-экономических проблем и последствий, которые уже возникли или могут возникнуть в перспективе. Так, зарождающаяся новая евгеника и клонирование человека, безусловно, вызовут экономические, политические, расовые, морально-этические и религиозные проблемы, включая вопросы частной собственности на личные базы данных генов того или иного человека и «человеческий бридинг». В результате может возникнуть проблема разработки прав патентной охраны разработанных генных последовательностей для стимулирования инвестиций в эту сферу генной инженерии. Уже сейчас встает проблема безопасности и этики в отношении создания генетически модифицированных организмов

(ГМО), использования стволовых клеток, а также проблема, связанная с межвидовыми заболеваниями при трансплантации человеку органов, выращенных в организме животных.

ДНК и генетический анализ. Эксперты RAND Corp. считают, что в перспективе будет создана аппаратура и системные чипы для проведения генетического профилирования и анализа ДНК. Это позволит улучшить диагноз заболеваний человека в зависимости от характера и генетики этнических групп, возможность разработки лекарственных препаратов для конкретного пациента и будет содействовать созданию биосенсоров. Исследования в области геной терапии к 2015 г. еще не достигнут своего полного развития и продолжатся в перспективе до 2020–2030 гг.

Как считают эксперты RAND Corp., генетическое профилирование с использованием ИКТ окажет серьезное влияние на разработку систем безопасности, аппаратуры для полиции и принятия на законодательном уровне нормативных принципов идентификации ДНК конкретных лиц. Все это дополнит уже имеющиеся биометрические технологии (например, идентификацию лиц по сетчатке глаза или отпечаткам пальцев).

Генетическая идентификация и биосенсоры, разработанные на основе геной инженерии, по-видимому, станут важнейшим инструментом для правоохранительных органов в борьбе с международным терроризмом, а также для медицинских работников при создании систем мониторинга заболеваний и здоровья населения. Однако, как утверждают специалисты RAND Corp., генетический анализ будет ограничен техническими трудностями, связанными с декодированием некоторых геномных сегментов.

Другое важнейшее направление конвергенции NBIC-технологий в этой сфе-

ре – развитие технологий геномного декодирования и протеомика, исследующая функции протеинов и генов. Потенциальный технологический прогресс здесь может быть достигнут на основе достижений в биоинформатике, комбинации генетического кодирования и секвенирования на основе использования соответствующих компьютерных программ и других ИКТ. Однако достижения в протеомике могут замедлиться к 2015 г. в связи с рядом технических проблем, таких как недостаточное знание механизмов геномного кодирования, генетической трансдукции (переноса генетического признака от одного микроорганизма другому), изомерной модуляции и других механизмов. Возникнут и правовые барьеры, связанные с персональными генетическими кодами, а также со сложностями охраны патентов в этой области. Это может снизить как уровень НИР, так и инвестирования в биотехнологии со стороны частного сектора.

Евгеника и клонирование. Это направление включает использование возможностей геной инженерии для «улучшения» человека, в том числе на основе клонирования. Предположительно это может произойти уже после 2015 г., вызвав значительные противоречия и протесты цивилизационного, культурного, морально-этического и религиозного характера. Первые существенные шаги в области геной терапии, видимо, произойдут еще до 2015 г., и остановить эти протесты будет непросто, поэтому потребуются разработка специальных законов и соответствующей научно-технологической и инновационной политики.

Искусственное производство генетически идентичных организмов на основе клонирования будет к 2015 г. в основном применяться в геной инженерии для зерновых культур, в животноводстве и для животных, используемых в научных це-

лях. Однако уже сейчас в некоторых странах принято законодательство, ограничивающее сферу клонирования, в том числе и в научных целях. Вместе с тем эксперты RAND Corp. считают, что клонирование может стать в перспективе доминирующим механизмом генной инженерии для производства рыночной продукции. Клонирование человека будет осуществляться лишь в тех частях мира, где отсутствует соответствующее законодательство о запрете⁸. Уже сегодня клонирование человека вызывает массу проблем морально-этического, религиозного и культурного характера. Зарождается современная евгеника, правда, отличающаяся от средневековой. Эксперты RAND Corp. полагают, что клонирование человека станет возможным к 2015–2020 гг. в странах, где оно не будет запрещено законодательством.

Генетически модифицированные организмы. Помимо профилирования генетических кодов и клонирования копий организмов и микроорганизмов биотехнологи уже сейчас осуществляют манипулирование с генетическим кодом растений и животных, изменяя характеристики различных форм жизни на Земле. Известная традиционная техника генного манипулирования, используемая на протяжении многих десятилетий, – это опыление, селекция и иррадиация. В перспективе эти технологии будут расширены за счет введения, удаления или модификации генов в ГМО. Несмотря на протесты общественности, представителей религиозных конфессий и отсутствие четкой научной информации о последствиях использования человеком ГМО, научные исследования в области генной инженерии, создания инновационных продуктов на основе ГМО продолжаются. Эти исследования, по оценкам RAND Corp. будут идти в направлении улучшения вкусовых качеств пищевых товаров, создания ультрапастной мясной продукции с умень-

шенным содержанием «плохих» жиров, солей и химикатов, отрицательно воздействующих на здоровье человека, вызывая широко распространенные сегодня аллергические заболевания. Генетическим модификациям подвергнутся деревья и растения для последующего производства из них биотоплива, сырья для бумажной промышленности, что уже практикуется в некоторых промышленно развитых странах. Будет активно развиваться генная терапия.

США и ЕС проводят постоянные консультации в отношении регулирования импорта рассады для выращивания ГМО. В связи с тем, что генная модификация растений и организмов является уже обычной международной практикой, становится довольно трудно различать в пищевых продуктах генно-модифицированные составляющие. В перспективе может встать вопрос о жестком разграничении национальных и глобальных рынков традиционных продуктов и продуктов на основе ГМО. Помимо биологической безопасности пищевой продукции возможность использования человеком механизмов биологической модификации организмов дает возможность разработки новейшего биологического оружия. С другой стороны, геномика предоставляет возможность создать соответствующую защиту от воздействия такого оружия. Общественное мнение в некоторых странах считает, что неконтролируемое использование возможностей геномики может привести к опасности создания программ евгеники или инжиниринга по созданию опасных для человека и животных биологических организмов.

Проблемы и последствия профилирования ДНК. Профилирование индивидуальных ДНК поднимает целый ряд серьезных проблем, связанных с сохранением конфиденциальности частной жизни человека и возможностью повышения масшта-

бов мониторинга ДНК, даже на национальном уровне. В случае расширения международной составляющей при осуществлении профилирования ДНК может возникнуть глобальная проблема, которая потребует защиты генной информации на уровне международных правительственных организаций системы ООН, принятия соответствующих международных норм и правил.

В процессе борьбы с международным терроризмом может возникнуть проблема сбора генетической информации, создания международных баз данных ДНК, соответствующих международным нормам и правилам. Вместе с тем не исключено, что в перспективе базами данных ДНК могут воспользоваться страховые компании, криминальные группировки, нацистские и фашистские организации в целях этнической дискриминации различных стран и народов, и это может привести к социально-экономическим конфликтам между различными этническими группами, которые будут различаться по когнитивным способностям. Как считают эксперты RAND Corp., правительства уже на данном этапе должны начать разработку соответствующей перспективной политики в этой области, а также проектов национальных и международных норм и правил, регулирующих подобные глобальные угрозы.

Биомедицинский инжиниринг. Эта технология будет связана с созданием органических и искусственных тканей, органов и материалов для замены утраченных, лечения больных или улучшения существующих органов человеческого тела. Эксперты RAND Corp. отмечают: тканевый инжиниринг – новая отрасль медицины. Сегодня уже имеются такие достижения, как выращивание кожи для лечения ран и ожогов. Например, выращивание хрящевых тканей для «ремонта» и замены пора-

женных хрящевых соединений у человека находятся в США в стадии клинических испытаний. К 2015 г. выращивание функциональных тканей для сердечных мышц станет реальностью. Эти направления медицины будут зависеть от создания биосовместимых клеточных каркасов, разработки соответствующих трансплантантов и многоклеточных тканей.

К 2015 г. продолжится разработка многофункциональных материалов с использованием технологий биоинженерии по выращиванию искусственных тканей и органов для человека. Новые материалы будут разрабатываться и для других биомедицинских целей. Например, такая керамика, как биоактивное кальциево-фосфатно-кремниевое стекло, гидроксипатиты и кальциевые фосфаты могут служить как химические матрицы для выращивания костей и их регенерации. Биоактивные полимеры, например полипептиды (искусственные белки), могут применяться как хирургические сетки и тампоны или как гидрогели, стимулирующие рост тканей. Заменители крови могут изменить принципы и условия ее хранения, увеличить степень безопасности от случайного попадания инфекции через кровь и др.

Новые промышленные технологии и ИКТ дадут возможность производить биомедицинские структуры с учетом потребностей конкретного больного. Например, к 2015 г. станет общей практикой производство для конкретных пациентов керамических искусственных костей с целью замены сломанных или пораженных костей рук, ног и черепа, используя для этого компьютерную томографию и возможность быстрого изготовления прототипа. Помимо замены костных структур и органов к 2015 г. начнется нейропротезирование и протезирование органов чувств: имплантанты для замены сетчатки глаза и устра-

нения кохлеарных повреждений, байпасы для спинного мозга и других нервных окончаний, а также искусственные коммуникационные и стимулирующие аппараты, уменьшающие слепоту и глухоту человека.

Стволовые клетки. По оценкам RAND Corp., к 2015–2020 гг. расширятся исследования и применение терапии с использованием стволовых клеток для увеличения и трансформации мозговых или других функций, а также различных органов человеческого тела (например, сердца, почек, печени и поджелудочной железы). В связи с тем, что значительная часть стволовых клеток находится в эмбрионах, использование их как для научных целей, так и терапии вызывает уже сейчас морально-этическое противостояние защитников и противников использования эмбриональных стволовых клеток. Альтернативой этому в перспективе может служить использование стволовых клеток взрослых людей или же их специальное выращивание и производство на широкой основе, что, безусловно, снизит возникновение морально-этических проблем, но потребует соответствующего нормативного регулирования таких процессов. Ксенотрансплантация (пересадка чужеродной ткани от одного организма другому) может в определенной степени снять морально-этические проблемы. В частности, например, бабуины или свиньи могли бы генетически модифицироваться и клонироваться, чтобы производить соответствующие трансплантанты для человека. Однако, как считают в RAND Corp., широкое применение таких технологий, видимо, будет возможно лишь после 2015 г. Вместе с тем при использовании такой технологии может возникнуть так называемый скачок ретровирусов от животного к человеку в результате трансплантации. Кроме того, должен быть урегулирован морально-этический вопрос и проблема патентования таких трансплантаций.

Самосборка и производство на базе ДНК. Самосборка с использованием молекул ДНК может реализовываться на основе так называемых биомеметических производственных схем, которые в значительной степени копируют естественные, природные схемы. Это производство осуществляется на основе «функционализации небольших неорганических блоков с молекулами ДНК, применения процессов молекулярного опознавания ДНК с последующей сборкой этих блоков в более удлиненные структуры»⁹. Самосборка с использованием ДНК в перспективе приведет в 2015 г. к созданию биосенсоров или нанолитографической техники для формирования соответствующих биомолекул.

Технологическая революция в области «умных материалов», оборудования и промышленного производства. Новые материалы будут использоваться для производства конечной продукции, компонентов и систем, которые значительно меньше, «умнее», многофункциональней, экологически чище и долговечнее, чем практически все существующие материалы. Эта инновационная продукция с использованием новых материалов окажет воздействие на промышленное производство, логистику, в том числе и на самого человека. К рыночной инновационной продукции, в которой будут использоваться «умные материалы» уже в 2015–2020 г., американские эксперты относят: 1) одежду, реагирующую на погодные условия и взаимодействующую с информационными системами (встроенные в одежду компьютеры), осуществляющую мониторинг жизненно важных для человека показателей, а также защищающих человека от возможных ранений, 2) системы идентификации и безопасности личности, 3) здания и автомобили, которые автоматически адаптируются к изменениям погодных условий, и др.

Полупроводники на основе нанотехнологий. К 2015 г. полупроводники станут еще меньше, быстрее и дешевле. Эти изменения будут осуществляться по экспоненциальной кривой. К 2015 г. размер транзисторов, как считают эксперты RAND Corp., уменьшится до 20–35 нм. Эта тенденция приведет к уменьшению стоимости компьютеров и даст возможность разрабатывать и применять различные встроенные сенсоры и системы на основе компьютерной техники для потребительских товаров, оборудования и использования в экологических системах.

К 2015 г. наноматериалы, такие как полупроводниковые «квантовые точки», могут привести к революции в области «химических маркировочных знаков», к разработке индивидуальных лекарств для больных и проведению анализа крови, генотипированию¹⁰ и другим применениям в области биологии.

После 2015 г., примерно к 2020 г., химические, флюидальные, оптические, механические и биологические компоненты будут интегрированы или конвергированы в коммерчески дешевые электронные чипы. Измерительное оборудование и технологии станут наиболее многообещающими областями. Биотехнологические исследования и производство биотехнологической продукции, химический синтез и сенсоры к 2015 г. будут значительно усовершенствованы.

После 2015 г. возникнут особые проблемы при производстве полупроводников, так как используемая в процессорах «силиконовая технология» достигнет своего предела, связанного с мощностью производимых на основе этой технологии процессоров. В этой связи начнется переход на технологии различных «квантовых эффектов» при производстве чипов. Другой подход, известный как технологии молекулярной электроники, будет опираться на громад-

ное количество переключателей, собранных из химических элементов и организованных в форме компьютера. Все эти концепции могут быть реализованы, по первоначальным оценкам экспертов RAND Corp., лишь к 2030 г.

Гибкое промышленное и нанопроизводство. Производство на основе быстрого изготовления опытных моделей, наряду со встроенными сенсорами, предоставит средства для ускоренного и дешевого проектирования и разработки сложных компонентов и систем. Гибкие производственные технологии и оборудование дадут возможность перехода в 2015 г. к гибким производственным системам, что облегчит развитие глобальных предприятий с компонентами, которые будут легко стандартизироваться и производиться на глобальном уровне.

Атомно-молекулярное, или нанопроизводство, представляет собой концепцию промышленного производства, технологической основой которого является сборка конкретного продукта на атомной или молекулярной основе по принципу «снизу вверх» (от нано- к макроуровню). Это отличает его от традиционного принципа «сверху вниз», когда, например, осуществляется обработка металлических заготовок до получения конкретной продукции. В целом концепция молекулярного нанопроизводства может привести к смене технологического уклада экономики и, в свою очередь, к изменению цивилизационного развития. Однако полномасштабной реализации такого производства, по оценкам RAND Corp., можно ожидать не ранее чем к 2030 г.

Методы микро- и нанопроизводства. Тенденции развития НТ, БТ и ИКТ предоставят возможность проектировать и производить наноматериалы и нанопродукты с различными функциональными характеристиками.

Так, например, «умные наноматериалы» будут представлять собой материалы, объединяющие сенсоры с приводными устройствами и компьютерами. Они смогут реагировать на состояние и изменение экологических систем. Это могут быть также микро- или нанороботы, созданные на основе принципов биомиметики насекомых или птиц, которые будут использоваться при определении вредных материалов в окружающей среде, аэрокосмических исследованиях, в беспилотных воздушных судах UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) и пр. По оценкам RAND Corp., этот тип наноматериалов может быть создан уже к 2015 г. К этому времени предполагается также разработать соответствующие строительные материалы для зданий, мостов и дорог, которые будут реагировать на изменение погоды и автоматически осуществлять ремонт трещин в конструкциях, покрытиях и пр.

Нанoeлектроника. Ведущая американская промышленная группа SEMATECH по производству полупроводников в докладе «Международная технологическая карта полупроводников» выступила за то, чтобы усилить работы по созданию нанополупроводников и довести к 2015 г. размер процессоров до 35 нм и 4,3 млрд операций в секунду. SEMATECH отмечает, что после 2015 г. возникнут дополнительные трудности, связанные с производством полупроводников на основе традиционной техники. Выход из этого положения может быть найден при использовании различных квантовых эффектов, например таких, как спин-поляризация электронов, т. е. фактически создание спин-электроники, квантовых компьютеров и пр. По оценкам RAND Corp., создание квантовых компьютеров нереально ожидать к 2015 г.

В принципе создание квантовых компьютеров имеет прямое отношение к мо-

лекулярной электронике и биомолекулярным системам, в которых используются синтезированные органические компоненты. Эти системы могут собираться на основе химических реакций и формировать биомолекулярные компьютеры. В настоящее время исследования в этой области проводятся на основе применения нанотрубок. Однако, по оценкам экспертов, маловероятной является разработка и производство таких компьютеров в ближайшие 15 лет. По всей видимости, эти компьютеры к 2015–2020 гг. будут еще неконкурентоспособны по отношению к традиционным электронным компьютерам, хотя на этот счет имеются различные точки зрения.

Микро-, наноинструменты и измерительные технологии. Это наиболее обещающая область применения нанотехнологий в ближайшей перспективе. По оценкам, к 2015 г. оптические, жидкостные, химические и биологические компоненты могут быть интегрированы совместно с электронными на том же самом чипе и использоваться при разработке лекарственных препаратов, в генетических исследованиях, химическом анализе и синтезе, исследованиях ДНК при довольно низких коммерческих ценах.

В последующие 5–10 лет произойдет интеграция компьютерных систем с биологическими, химическими и оптическими компонентами, смонтированными на одном системном микрочипе. В более дальней перспективе при переходе на нанотехнологии и создании наноинструментов и измерительной наноаппаратуры не исключена возможность их использования и введения в человеческий организм для диагностических измерений. Другие возможные области использования – наноскребокеры (наноскребки или наночистители), нанокатализаторы и наносателлиты, которые

будут, в частности, использоваться для военных целей.

Эффекты технологической конвергенции и синергии к 2015 г. Тенденции развития и использования нанотехнологий в различных отраслях экономики дают возможность сделать определенные прогнозные оценки, основанные на современном состоянии этих технологий. Среди наблюдаемых тенденций развития нанотехнологий следует отметить все возрастающую тенденцию междисциплинарности и конвергенции нанотехнологий с другими технологиями, прежде всего с биотехнологиями и ИКТ, что вызывает растущий синергетический эффект. Особую роль в формировании синергетического эффекта начинает играть когнитивная наука и технологии, исследование мозга человека. Исследователи, занимающиеся наноматериалами, во все большей степени начинают сотрудничать с учеными и инженерами, специализирующимися в области ИКТ с целью разработки биомедицинских материалов для использования в качестве искусственных тканей и сенсоров, вживляемых в организм человека и управляющих устройств (так называемых умных структур).

Социальные, политические, экологические и другие эффекты технологических трендов довольно часто взаимодействуют друг с другом и приводят к результирующим или дополнительным эффектам как на национальном, так и глобальном уровнях. Некоторые эксперты RAND Corp. полагают: после сельскохозяйственной, промышленной и информационной революции наступила очередь «междисциплинарной технологической революции»¹¹, синергетический эффект которой от конвергенции технологий приведет к значительным инновационным сдвигам в экономике ряда стран. Однако в перспективе только те страны будут конкуренто-

способными лидерами в мировой экономике, которые смогут достигнуть и удержаться на вершине разработчиков и производителей продукции в рамках синергетической, междисциплинарной триады «нано-био-ИКТ», впоследствии и когнитивных наук и технологий. Как считают эксперты RAND Corp., за получение «пропуска» в эту триаду будут происходить политические, торгово-экономические, социальные, этические, этнические, религиозные, а возможно, и военные столкновения, так как именно эта триада будет базовой основой развития цивилизации в XXI в. Междисциплинарная технологическая революция будет генерировать не просто разработку и производство инновационных продуктов и услуг, но и изменит образ жизни людей, их взаимоотношения и мировоззрение.

Эксперты RAND Corp. считают, что к 2015 г. синергия приведенных выше высоких технологий НТ, БТ и ИКТ, а также создание новых материалов и нанопроизводства приведет к появлению широкомасштабных метатенденций, появлению позитивных и негативных проблем и «напряжений» в развитии инновационной экономики, политике и состоянии общества в целом. Усиление технологических изменений в период технологической фазы эволюционного цикла в сочетании с так называемой созидательной деструкцией (Й. Шумпетер) отраслей промышленности увеличивает потребность в образовании и тренинге, т. е. фактически в создании общества знаний XXI в. Дистанционное образование и другие формы получения знаний явятся необходимым, но недостаточным условием для адаптации общества к технологическим изменениям. Потребуется социально-экономическая адаптация общества, а также и отдельных отраслей промышленности к инновационным технологическим изменениям начиная уже с 2015 г. Наиболее

Таблица 2

**Потенциальные области развития высоких технологий и результирующие эффекты от их конвергенции к 2015 г.
(сценарии высоких и низких уровней роста)**

«Умные материалы»	Интегрированные микро- и наносистемы	Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ)	Генетическое манипулирование
I. Высокие уровни роста			
<p>Доступные, широко распространяемые комплексные системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системы постоянного, непрерывного мониторинга функционирования организма человека - системы целенаправленного, неинвазивного введения в организм лекарственных препаратов - повсеместно используемые системы сенсоров и дисплеев (носимые с собой или структурные системы) - жилые помещения, адаптируемые к погодным условиям - системы изготовления автомобильных деталей по изменяемым моделям - системы «бесшовной» виртуальной реальности <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - улучшение показателей продолжительности жизни человека - улучшение качества жизни и здоровья - увеличение энергоэффективности и снижение воздействия на окружающую среду - рост индустрии развлечений 	<p>Широкомасштабная, мультимедальная интеграция:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лаборатория анализов, вмонтированная в электронные чипы - сенсоры широкого спектра (биологические, химические, оптические и др.) - микро- и наноспутники - микророботы <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - содействие в проведении исследований лекарственных препаратов, геномных исследований, химического анализа и синтеза - возможность детектирования и анализа химического и биологического оружия - значительное снижение стоимости оборудования - возможное распространение управляемых систем переработки веществ, данных и т. д. (например, сепарация ядерных изотопов) 	<p>Взрывной характер развития ИКТ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фотоника (изменение ширины полосы частот и вычислительных процессов и пр.) - универсальные системы коммуникаций - всеобъемлющая система вычислительной техники - повсеместно используемые системы сенсоров - глобальные информационные системы общего пользования - полупроводники наноразмера - системы перевода с иностранного языка и соответствующих интерфейсов <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - доминирование систем электронной торговли - проведение инновационной, «креативной деструкции» в отдельных отраслях промышленности - продолжение процессов глобализации - снижение уровня конфиденциальности в информационных системах - глобальное распространение западной культуры - новое состояние цифровых систем (например, «цифровое неравенство» некоторых стран) 	<p>Экстенсивная геномная манипуляция:</p> <ul style="list-style-type: none"> - генно-модифицированные растения и животные для производства продовольствия и лекарств, органов человека и других органических компонентов - генная терапия <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - увеличение продолжительности жизни человека - улучшение качества жизни и здоровья - улучшение урожая зерна и устойчивость зерновых к засухе - снижение уровня пестицидов и облесение - возможные изменения в экосистемах - возможность появления и использования евгеники
II. Низкие уровни роста			
<p>Ограниченная эксплуатация:</p> <ul style="list-style-type: none"> - неинвазивной диагностики - улучшенных методов доставки лекарств в организм - функциональных строительных компонентов - улучшенных сенсоров и обследований - интегральных коммуникаций и индустрии развлечений <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лишь инкрементальные улучшения в системах здравоохранения, энергоэффективности и экологии 	<p>Ограниченная перекрестная интеграция:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использование механических сенсоров (например, гироскопов) - отдельные анализы на электронных чипах <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - акцент на вторичные разработки и, скорее, распространение технологий, чем их создание 	<p>Замедленное продвижение вперед:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в области разработки технологий на основе текущих достижений науки <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отдельные страны мира продолжают развитие ИКТ, а другие отступают от этого направления - тенденции развития электронной торговли продолжают - замедление темпов восприятия и адаптации технологий 	<p>Вялое или полное отсутствие движения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ограничение геномной модификации растений и животных - упор на традиционные процедуры контроля за пестицидами и геномной модификации - использование традиционных процедур для ГМО <p>Эффекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рост дефицита продовольствия и производства пищевой продукции в развивающихся странах - акцент на традиционный контроль за пестицидами

Источник: Anto'n Ph. S., Silbergliit R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015" / RAND Corp. National Defense Research Institute / Prepared for the National Intelligence Council. P. IX, Table S-1.

серьезные адаптивные изменения будут иметь место в последующие 15 лет.

Отмеченная выше технологическая синергия окажет серьезное воздействие на экономику, политику и социум многих стран мира, учитывая, что эти технологии определяются как глобальные технологии¹². Видимо, в период 2015–2020 гг. начнется новая научно-технологическая и инновационная революция, которая изменит мировую цивилизацию, трансформирующуюся в инновационную. Эта революция синергии высоких технологий будет носить междисциплинарный, интегральный характер и охватит практически все стороны жизни современной постиндустриальной и будущей инновационной цивилизации XXI в.

Несмотря на то что прогнозы развития и конвергенции высоких технологий в XXI в. представляются во многом неопределенными, тем не менее американские эксперты RAND Corp. сделали довольно четкие форсайт-оценки синергии высоких технологий (табл. 2) к 2015 г. (НТ, БТ, ИКТ и «умных материалов»). Вполне естественно, что эти эффекты варьируются и могут включать различные не учтенные здесь социальные, политические, экономические, экологические и другие факторы. Все эти последствия и эффекты, относящиеся к высоким технологиям XXI в., зависят от синергии, вызванной их комбинированным воздействием друг на друга и в первую очередь воздействием на них ИКТ. В связи с тем, что данный доклад RAND Corp. готовился в начале 2000 г., учет воздействия нанотехнологий, вполне естественно, был минимальным.

Сегодня нанотехнологии уже начинают оказывать влияние на уровень технологической синергии, а в перспективе в 2020–2030 гг. это влияние будет значительным, но, видимо, менее значительным, чем воздействие когнитивных технологий.

3.2. RAND Corp. о перспективах развития NBIC-технологий до 2020 г.

Как уже отмечалось, известная американская корпорация RAND Corp., занимающаяся подготовкой аналитических материалов для Управления научно-технологической политики администрации Президента США, Министерства обороны, Министерства энергетики и других министерств и ведомств, неоднократно обращалась к исследованию проблемы конвергенции и синергии высоких технологий и разработок. Помимо рассмотренного выше доклада корпорацией по заказу Национального совета по разведке НИС, Министерства энергетики и других государственных органов был подготовлен целый ряд других аналитических докладов по данной проблеме, в частности по синергии биотехнологий, нанотехнологий, информационно-коммуникационных и других технологий, включая исследование различных аспектов технологического форсайта в период 2015–2020 гг.¹³

В 2006 г. по заказу НИС был подготовлен аналитический доклад «Глобальная технологическая революция. Био/Нано/Материалы/Информационные тенденции, драйверы, барьеры и социальные последствия»¹⁴, охватывающий состояние этих технологий в 29 странах. Данная ситуация говорит о том, что рассматриваемая проблематика представляет исключительный интерес для США и это потребовало проведения сравнительного анализа в области разработки NBIC-технологий в различных странах мира (бенчмаркинг).

По оценкам RAND Corp., мировое общество находится в середине новой глобальной научно-технологической революции, связанной с конвергенцией современных технологий, которые получают свое наибольшее развитие в среднесрочной и долгосрочной перспективе в период 20–50-х годов XXI в.

За последние 30 лет достижения в области биотехнологии, нанотехнологии, новых материалов и информационных технологий идут с нарастающей силой. Они вносят как «мягкие», так и радикальные позитивные и негативные изменения практически во все элементы экономики и социума. Технологии 2020 г. во все большей степени будут конвергироваться на междисциплинарной основе и кардинально менять социально-экономическую, политическую и в целом цивилизационную основу общества, влияя и на глобальную экономику и политику. Так, например, инновационные подходы к использованию солнечной энергии приводят к технологической конвергенции, которая сопровождается применением новых пластических, биологических и наноматериалов в гелиоэнергетике. В жилищно-коммунальном секторе инновационные системы очистки воды используют наномембраны совместно с активными биологическими и каталитическими материалами. Имеется масса других примеров использования NBIC-технологий. Однако по вполне очевидным причинам технологическая революция 2020 г. будет под силу только некоторым промышленно развитым странам с высоким научно-технологическим потенциалом и значительными финансовыми ресурсами.

В аналитическом докладе 2006 г. RAND Corp. на основе оценок экспертов как американских, так и из других стран приводит 57 перспективных областей, где к 2020 г. будет реализовываться конвергенция NBIC-технологий. Эти технологически комплексные, конвергированные области будут связаны с экономикой, безопасностью, жилищно-коммунальным хозяйством и другими секторами (водоснабжением, продовольственной сферой, народонаселением, системами управления, социальными структурами, энергетикой, здравоохранением, обороной и борьбой с

терроризмом, окружающей средой и экологией).

В табл. 3 представлена матрица оценок вероятности создания и использования 56 конвергированных технологий к 2020 г. по нескольким показателям. Из них 16 технологий имеют самую высокую вероятность коммерческого использования и рыночного спроса (выделено полужирным шрифтом). Кроме того, краткое описание этих 16 областей конвергированных НТ, БТ и ИКТ приведены в табл. 4.

По оценкам RAND Corp., не все страны, имеющие как научно-технологический потенциал, так и возможности приобретения тех или иных nano-, био- и информ-коммуникационных технологий в их синергетическом варианте, смогут их использовать к 2020 г. Это в значительной степени будет зависеть от уровня экономического, научно-технологического и культурного потенциала, драйверов и барьеров инновационного развития экономики. Эксперты RAND Corp. считают, что воздействие на коммерческое применение этих технологий будут оказывать и такие факторы, как размеры территорий, климат, географическое положение, размеры населения страны и демографическая ситуация в целом, различные типы государственного управления, экономические системы, налоговые режимы и уровень экономического развития. В этой связи корпорацией была проведена оценка воздействия этих факторов в 29 странах¹⁵, включая Россию (табл. 5).

Из 29 исследованных корпорацией стран только семь (США, Канада, Германия, Южная Корея, Япония, Австралия и Израиль) способны, по их мнению, осуществить к 2020 г. разработку и производство инновационной товарной продукции на основе всех 16 указанных конвергированных высоких технологий (см. табл. 4). Что касается России, Китая и Польши, то эти страны смогут реализовать лишь

Матрица технических возможностей и коммерческой реализации на рынке конвергированных технологий к 2020 г. на основе технических и экономических показателей

Технические и экономические показатели (-- ; - ; + ; ++)	Реализация технологий на рынке			
	Формирование ниши на рынке (--)	Возможное удовлетворение спроса на средних и больших рынках* (-)	Полное удовлетворение спроса на средних рынках** (+)	Полное удовлетворение спроса на больших рынках** (++)
Высокий уровень возможной коммерческой реализации (++)	Химические, биологические, радиационные или ядерные CBRN-сенсоры для органов, ответственных за чрезвычайные ситуации (2G)	Генетический скрининг (2G) Генетически модифицированные зерновые и лесные культуры (8M) Всепроницающие сенсоры (4G)	Целевая доставка лекарственных препаратов к соответствующим органам больного (5M) Доступ к убиквитарной (повсеместной) информации (6M) Убиквитарная (повсеместная) разметка радиочастотной идентификации или установка RFID-чипов (4G)***	Гибридные автомобили с электро-, бензиновыми и другими двигателями (2G) Интернет (для целей сравнения) (7G) Быстрый биоанализ (4G) Сельские беспроводные коммуникации (7G)
Возможная коммерческая реализация (+)	Генно-модифицированные организмы для проведения научных исследований (2M) Нетрадиционный транспорт (5M)	Имплантанты для использования в системах наблюдения и идентификации (3M) Ксенотрансплантация (пересадка чужой ткани) (1M)	Дешевая солнечная энергия (10M) Разработка лекарственных препаратов на основе скрининга (2M) Фильтры и катализаторы (7M) «Зеленое» производство (6M) Мониторинг и контроль за лечением заболеваний (2M) Интеллектуальные или смарт-системы (1M) Тканевая инженерия (4M)	Улучшенные диагностические и хирургические методы (2G) Квантовая криптография (2G)
Неопределенная коммерческая реализация	Коммерческие беспилотные воздушные суда (6M) Терроризм на основе высоких технологий (3M) Военные нанотехнологии (2G) Военные роботы (2G)	Биометрия как метод идентификации личности (3M) Сеть CBRN-сенсоров в городах (4M) Генная терапия (2G) Генно-модифицированные насекомые (M) Госпитальные роботы (2M) Видеомониторинг для систем безопасности (3M) Терапия, основанная на результатах исследования стволовых клеток (5M)	Улучшенные медицинские системы для активного восстановления здоровья (3M) Иммунотерапия (2M) Улучшенные системы лечения больных на основе обработки данных анализов (2M) Интеллектуальные или текстильные смарт-ткани (4M) Миниатюрные, закрепленные на одежде компьютеры (5M)	Электронные транзакции (2G) Компьютерные интерфейсы без использования рук человека (2G) Исследование лекарственных препаратов in-slico (2G) Резистентные ткани (2G) Системы безопасной передачи данных (2M)
Маловероятная коммерческая реализация (-)	Современные лекарства для усиления памяти (3M) Роботизированные ученые (1M) «Суперсолдаты» (2M)	Имплантанты-чипы для мозга (4M)	Генетически подобранные лекарства (2M)	Дешевые дома, функционирующие на автономном снабжении (6G) Печать книг по заказу (2G)
В высокой степени маловероятная коммерческая реализация (--)	Компьютерные программы для прокси-серверов (серверов-посредников) (3M) Квантовые компьютеры (3M)	Генетический отбор потомства (2M)	Искусственные мышцы и ткани (2M)	Автомобили на водородном топливе (2G)

* Потребуется значительная поддержка со стороны правительства.

** Потребуется некоторая поддержка со стороны правительства.

*** Радиочастотные карточки получения данных об объектах и человеке, включая его местонахождение, состояние здоровья, намерения и т. д.

Примечание. Числа, указанные в скобках, означают количество секторов экономики, на которые эти технологии могут оказать влияние, а буквы G и M соответственно обозначают вероятный уровень распространения к 2020 г. этих технологий: G – глобальный и M – умеренный, т. е. ограниченный рынок и бизнес-сектор в некоторых странах.

Источник: The Global Technology Revolution 2020. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications/ Prepared for the National Intelligence Council. Rand Corp., 2006. P. 4.

Таблица 4

Наиболее перспективные области конвергированных и реализуемых на рынке NBIC-технологий к 2020 г.

Наименование технологических областей конвергенции	Краткая характеристика областей технологической конвергенции
1. Солнечная энергетика	Использование дешевых, доступных на рынке для населения гелиоустановок, которые будут использоваться для отопления помещений и горячего водоснабжения. Дешевые солнечные системы для отопления и горячего водоснабжения могут иметь большой спрос, особенно на рынках развивающихся стран
2. Сельские беспроводные коммуникационные системы	Широкое использование беспроводной коммуникационной инфраструктуры для телефонной и интернет-связи
3. Коммуникационное оборудование для доступа к убиквитарной (повсеместной) информации	Коммуникационное оборудование и оборудование для хранения информации с использованием проводочной и беспроводной связи. Должно обеспечивать доступ к разным информационным источникам в любое время. Будет обладать большим потенциалом по хранению метатекстов и всех типов мультимедийной информации
4. Генетически модифицированные зерновые и лесные культуры	Производство продовольственных товаров с улучшенными пищевыми свойствами (с добавлением витаминов и микроэлементов) на основе использования возможностей генной инженерии. Увеличение производства продовольствия, например, на основе адаптации к местным условиям зерновых культур. Уменьшение использования пестицидов посредством усиления сопротивляемости сельскохозяйственным вредителям
5. Быстрое биотестирование	Эти технологии позволят осуществлять быстрое тестирование на наличие или отсутствие тех или иных специфических биологических веществ в различных средах
6. Фильтры и катализаторы	Техника, оборудование и материалы, в частности для очистки воды
7. Целевая доставка лекарственных средств в организм человека	Лекарственная терапия, которая на преференциальной основе будет доставлять лекарственное средство к конкретной опухоли или патогенным микроорганизмам для оказания на них воздействия без причинения вреда здоровым тканям и клеткам
8. Дешевые автономные здания	Дешевые жилища, самодостаточные по энергопотреблению для отопления, охлаждения и приготовления пищи и адаптированные к местным условиям
9. Технологии «зеленого производства»	Перестройка производственных процессов в обрабатывающей промышленности, которые устраняют или значительно уменьшают отходы производства и необходимость использования для этого токсичных материалов
10. Убиквитарная (повсеместная) радиочастотная идентификация личности и коммерческих товаров	Широкое применение идентификационных радиочастотных технологий при определении личности, а также при маркировке товаров, поступающих на рынок
11. Гибридные автомобили	Поступление на рынок автомобилей с комбинированными двигателями, работающими от различных источников, что сэкономит энергетические ресурсы, особенно во время остановок
12. Дешевые сенсоры	Наличие таких сенсоров в большинстве общественных мест и создание сетей сенсоров позволит осуществлять наблюдение в реальном времени, что особенно важно с точки зрения борьбы с международным терроризмом
13. Тканевая инженерия	Использование технологий проектирования и имплантации или замены человеческих органов на основе живых тканей
14. Улучшенные методы диагностики и хирургии	Эти методы повысят точность и эффективность хирургических процедур, уменьшив тем самым инвазивность новообразований и время выздоровления
15. Миниатюрные компьютеры	Компьютерные устройства, которые вмонтированы в одежду, сумки, ювелирные изделия и т. д.
16. Квантовая криптография	Использование квантовых методов для кодирования информации при ее передаче

Источник: The Global Technology Revolution 2020. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications / Prepared for the National Intelligence Council. Rand Corp., 2006. P. 2–3.

Таблица 5

Развитие NBIC-технологий по странам мира к 2020 г.

Страны	Оценка уровня развития научно-технологического комплекса в области нано-, био- и информационно-коммуникационных технологий (НТК)	Перспективные области применения конвергированных технологий*	Драйверы и барьеры коммерческого использования конвергированных технологий**
Северная Америка			
США	НТК высокого уровня развития	1–6	Драйверы: a–j Барьеры: b, c, e, h
Канада	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–j Барьеры: b, c, e
Мексика	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8–11	Драйверы: b, c, f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Латинская Америка			
Бразилия	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8–11	Драйверы: b, c, f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Чили	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8–11	Драйверы: b, c, f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Колумбия	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8, 9, 11	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Доминиканская Республика	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: b, c, f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Европа			
Грузия	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Германия	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–j Барьеры: b, c, i
Польша	НТК выше среднего уровня развития	1, 2, 4–11, 14, 16	Драйверы: b, c, f, i, j Барьеры: a–d, g, h
Россия	НТК выше среднего уровня развития	1, 2, 4–11, 14, 16	Драйверы: b, d, i Барьеры: a–d, g, h, j
Турция	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8–11	Драйверы: b, c, f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Азия			
Китай	НТК выше среднего уровня развития	1, 2, 4–11, 14, 16	Драйверы: b, c, f–j Барьеры: a–d, g, h, j
Индия	НТК выше среднего уровня развития	1, 2, 4–11, 14, 16	Драйверы: b, c, f, g, i, j Барьеры: a–d, g, h, j
Индонезия	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8–11	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Япония	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–d, f–j Барьеры: b, c, j
Республика Корея	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–d, f–j Барьеры: b, c, j
Непал	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Пакистан	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Северная Африка и Ближний Восток			
Египет	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Иран	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j
Израиль	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–d, f–j Барьеры: a–c, j
Иордания	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a–d, g, h, j

(окончание)

Страны	Оценка уровня развития научно-технологического комплекса в области нано-, био- и информационно-коммуникационных технологий (НТК)	Перспективные области применения конвергированных технологий*	Драйверы и барьеры коммерческого использования конвергированных технологий**
Африка			
Камерун	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a-d, g, h, j
Чад	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a-d, g, h, j
Кения	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a-d, g, h, j
Южная Африка	НТК, находящийся в стадии развития	1, 2, 4–6, 8, 11	Драйверы: b, f, i Барьеры: a-d, g, h, j
Океания			
Австралия	НТК высокого уровня развития	1–16	Драйверы: a–h, j Барьеры: b, c, i
Фиджи	НТК слабо развит	1, 2, 4, 6, 8	Драйверы: f, i Барьеры: a-d, g, h, j

* Нумерацию областей применения конвергированных технологий см. в табл. 4.

** Драйверы и барьеры: a – затраты и финансирование; b – законы и политика; c – социальные ценности, общественное мнение и политика; d – инфраструктура; e – проблемы конфиденциальности; f – использование ресурсов и охрана окружающей среды; g – инвестиции в НИОКР; h – образование и грамотность; i – население и демография; j – управление и политическая стабильность.

Источник: The Global Technology Revolution 2020. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications / Prepared for the National Intelligence Council. RAND Corp., 2006. P. 2–3.

12 из 16 технологий к 2020 г. В примечании к табл. 5 приведены разработанные RAND Corp. индикаторы, с помощью которых оценивается стимулирование или препятствия развитию и использованию конвергированных высоких технологий. Это так называемые драйверы (двигатели развития) и барьеры, сдерживающие это развитие. Драйверы и барьеры состоят из одних и тех же показателей (всего 10 показателей), которые могут оказывать как позитивное, так и негативное воздействие на инновационную экономику, разработку и конвергенцию НТ, БТ и ИКТ.

По мнению RAND Corp., экономический рост и изменение структуры мировой торговли инновационными товарами, произведенными на основе конвергированных НТ, БТ и ИКТ, станут лидирующими при выборе национальных инноваци-

онных приоритетов для многих промышленно развитых стран мира, включая Россию. Эти национальные приоритеты будут, в частности, реализовываться через создание инновационной инфраструктуры для разработки конвергированных технологий и производства соответствующих инновационных товаров, улучшение системы образования населения и осуществление интервенции на глобальных рынках инновационной продукции на основе NBIC-технологий. Реализация именно этих приоритетов во многом будет содействовать конкурентоспособности и созданию рыночных преимуществ той или иной страны. Помимо этого, перспективными приоритетами для стран с развитой экономикой будут здравоохранение и оборона, где применение конвергированных NBIC-технологий имеет особое значение.

Представляется, что конвергенция этих технологий в период до 2020 г. будет иметь вектор развития с некоторыми особыми характеристиками. Так, аналитики RAND Corp. считают, что этот вектор в ближайшие 15–20 лет не попадет в сферу «понижательных тенденций» кондратьевских циклов. Предполагается междисциплинарное взаимодействие различных отраслей науки и технологий, которое будет сопровождаться все увеличивающейся интеграцией НТ, БТ, ИКТ, и в частности наноматериалов, что фактически соответствует технологиям, представленным выше (см. табл. 4). Именно они и будут формировать начальную стадию глобальной научно-технологической революции XXI в. По нашему мнению, как уже отмечалось, лидирующим элементом станут когнитивные науки и технологии.

В указанном докладе эксперты RAND Corp. полагают, что эта революция будет оказывать различное синергетическое воздействие на промышленно развитые и развивающиеся страны. Наибольший эффект от революции к 2020 г. получат страны Северной Америки, Западной Европы и некоторых стран Азии (Япония, Южная Корея и др.), а также Австралия, которые разработают и выйдут на мировые рынки с продукцией на базе конвергированных технологий. Нельзя полностью согласиться с оценкой RAND Corp. возможностей России в использовании данных технологий, их ухудшении по сравнению с достижениями таких стран, как Бразилия, Чили, Мексика и Турция. По их прогнозам, выход России к 2020 г. на рынки этих технологий будет незначительным. Полагаем, что начавшаяся модернизация экономики России и имеющийся научный капитал страны могут привести к положительным результатам в этой области. Как представляется, определенное значение в этом контексте

имел бы намеченный для строительства в Московской области научный центр в Сколково.

В докладе Национального разведывательного совета США отмечается, что ожидаемая к 2020 г. революция в области высоких технологий будет в основе своей определяться конвергенцией НТ, БТ и ИКТ, включая и новые «умные материалы». Как считают авторы этого доклада, Китай и Индия, видимо, будут «подпирать» своими достижениями эту революцию. По их оценке, эти две страны инвестируют значительные ресурсы в фундаментальные исследования и могут стать мировыми лидерами в определенных областях конвергированных высоких технологий и даже обойти Европу. США будут сохранять свое лидерство, но им придется выдержать серьезную конкуренцию со странами Азии. Не исключено, что они потеряют свое лидерство в некоторых указанных областях. Кроме того, экономическая глобализация и глобальная дисперсия этих технологий, особенно ИКТ, будут оказывать серьезное влияние на политику правительств стран и мировой порядок в целом¹⁶. Помимо этого, в данном докладе утверждается, что глобальная диффузия этих технологий к 2020 г. будет идти с ускорением, хотя ее воздействие на страны будет различной. Среди драйверов, которые определяют эту диффузию, – транснациональный двусторонний «поток мозгов», специализирующихся в сфере высоких технологий, между развитыми и развивающимися странами и рост уровня грамотности рабочей силы. На периферии этих глобальных процессов останутся те страны, правительствам которых не удастся разработать и реализовать соответствующую политику в сфере конвергированных NBIC-технологий XXI в.¹⁷

3.3. Национальный научный фонд США: оценки перспектив технологической конвергенции

В рамках исследований, проведенных Национальным научным фондом США, нанотехнологии рассматриваются и как важнейшее, революционное направление развития инновационных технологий XXI в., и как направление, стимулирующее конвергенцию и синергию с другими технологиями (рис. 5). В конце XX в., как считают эксперты NSF, ИКТ охватили фактически все отрасли экономики промышленно развитых стран и вышли на глобальный уровень, а затем к ним присоединились

БТ. Первоначально именно эти технологии дали толчок для междисциплинарного подхода к научно-технологической и инновационной политике промышленно развитых стран мира, и в первую очередь США.

ИКТ и БТ сформировали первый технологический этап в глобализации экономики и глобальную конкуренцию. Драйвером второго этапа междисциплинарного подхода к науке и технологиям в XXI в. становятся НТ, которые постепенно начинают занимать ведущее положение в формировании технологической конвергенции XXI в.

Технологическая конвергенция и синергия высоких технологий на первом и втором этапах в первую очередь затронет НТ,

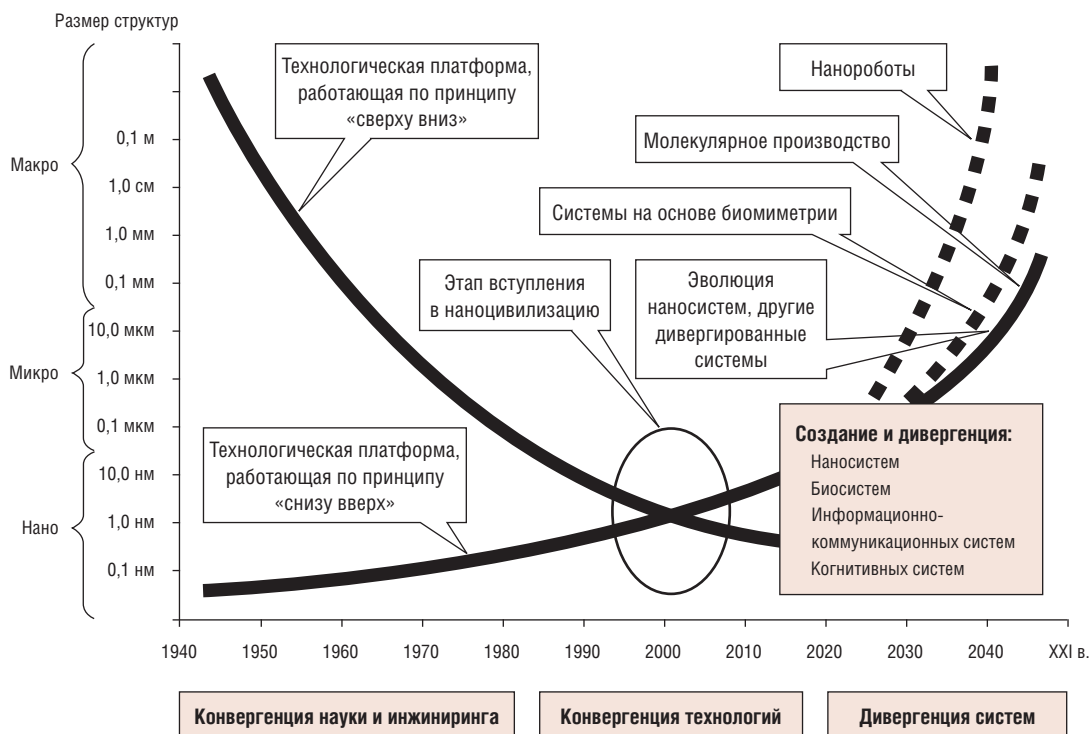


Рис. 5. Этапы конвергенции и дивергенции NBIC-технологий

Источник: National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 6.

БТ и ИКТ. К этим высоким конвергированным технологиям постепенно подсоединяются когнитивные науки и технологии. Как показывают аналитические материалы зарубежных научно-исследовательских институтов, международных организаций и отдельных экспертов, фактически уже сейчас наблюдается тенденция формирования конвергированного квартета высоких технологий, получивших сокращенное название NBIC-технологий, наряду с идущей параллельно тенденцией технологической дивергенции. Надо отметить, что процесс конвергенции и дивергенции науки и технологий не является абсолютно новым явлением. Этот процесс начался еще в эпоху Возрождения и продолжился в период XVIII–XX вв.

Конвергенция на наноуровне получила наиболее серьезный импульс в начале 2000 г., когда многие промышленно развитые страны приняли программы развития ИТ и наноматериалов¹⁸. Одновременно с этим можно сделать предположение, что в последующие десятилетия начнется процесс дивергенции в архитектуре наноструктурных систем.

После 2020 г., как считают эксперты NSF США, начнется более активный процесс дивергенции, являющийся традиционной функцией системной технологической архитектуры. В частности, она будет связана с созданием молекулярной и макромолекулярной сборки системных элементов, созданием нанороботов, использованием принципов биомиметики и эволюционных подходов к наносистемам¹⁹.

На основе научных материалов NSF схематически представлены возможные этапы конвергенции и дивергенции NBIC-технологий начиная с XX в. и по 2040 г., включая этап наносборки рыночной продукции как по принципу «сверху вниз», так и «снизу вверх». По оценкам NSF, примерно в 2010 г. начинается этап вступле-

ния человечества в наноцивилизацию (см. рис. 5).

В США в 1999 г. была провозглашена президентская инициатива «Исследования в области информационных технологий» (затраты на НИР в 2005 г. составили около 2 млрд долл.), а также известная «Национальная нанотехнологическая инициатива» (затраты на НИР в 2005 г. составили 1,2 млрд долл.).

Надо подчеркнуть, что в США с начала XXI в. не было крупных программных инициатив по БТ и КТ и в целом NBIC-технологий, которые были бы нацелены на технологическую конвергенцию. Существовало лишь несколько программных исследований в области генома человека в рамках Агентства национальных институтов здравоохранения при Министерстве здравоохранения и социального обеспечения и программа NSF «Биокомплекс».

Начиная с 2003 г. в NSF начала реализовываться приоритетная программа НИР «Человеческая и социальная динамика», связанная с указанными технологиями. Однако какой-либо специальной национальной межведомственной программы по системному подходу к технологической конвергенции NBIC-технологий создано не было. Вместе с тем эксперты NSF считают, что первая половина XXI в. будет характеризоваться конвергенцией и дивергенцией NBIC-технологий на основе так называемых пассивных и активных наноструктурных элементов и систем нанопроектирования. При этом пассивные наноструктуры, как считают аналитики, начали свое развитие примерно с 2000 г., а активные – с 2005 г. Наноструктурные системы начнут свое активное развитие с 2010 г. и продолжат его, как и предыдущие, до 2020 г. и в дальнейшей перспективе. Более подробно структура четырех поколений нанопродуктов XXI в., разработанная NSF, представлена на рис. 6²⁰.

~2000 г.	I поколение нанопродуктов
	<p>Пассивные наноструктуры</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дисперсные и контактные наноструктуры (аэрозоли, коллоидные вещества и пр.) 2. Продукты, инкорпорирующие наноструктуры (покрытия; композитные материалы, усиленные наночастицами; наноструктурные металлы; полимеры; керамика и пр.)
~2005 г.	II поколение нанопродуктов
	<p>Активные наноструктуры</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Биоактивные и медицинско-активные структуры (лекарства направленного действия, биооборудование, искусственные мышцы и пр.) 2. Трехразмерные (3D) транзисторы; усилители; приводы (исполнительные механизмы); самонастраивающиеся системы и пр.
~2010 г.	III поколение нанопродуктов
	<p>Наноструктурные системы</p> <p>Управляемая наносборка; трехразмерная (3D) сетевая и иерархическая архитектура систем ИКТ, эволюционирующих во время эксплуатации; нанороботы и пр.</p>
~2015-2020 гг.	IV поколение нанопродуктов
	<p>Нанопроектирование</p> <p>Проектирование оборудования на молекулярном и атомном уровнях; системы с развивающимися функциями и пр.</p>

Рис. 6. Поколение конвергированных нанопродуктов XXI в.: разработка промышленных прототипов и их коммерциализация

Источник: National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 28.

К первому поколению отнесены пассивные наноструктуры (аэрозоли, коллоидные вещества, покрытия, композитные материалы и т. д.).

Второе поколение, или активные наноструктуры, которые начали развиваться с 2005 г., фактически будут оказывать воздействие на механические, электронные, магниторезонансные, фотонные, биологические и другие системы и оборудование. Например, планируется создание трехмерных, или 3D, транзисторов²¹.

Третье поколение – это трехразмерные наносистемы, в которых используются биомонтаж или биосборка, роботы с развивающимися и эволюционирующими функциями и «поведением». Важнейшее направление в этом поколении – создание наносетей и иерархической архитектуры в обла-

сти использования ИКТ, включая инжиниринг гетерогенных наноструктур и супермолекулярных систем. Эти системы будут включать целенаправленную самосборку, искусственные тканевые и сенсорные системы, квантовые взаимодействия внутри наносистем, обработку информации с использованием фотонного или электронно-спинового резонанса, создание и сборку наноэлектромеханических систем (NEMS). Именно третье поколение нанопродуктов откроет эру конвергенции и синергии высоких технологий, таких как НТ, БТ, ИКТ и КТ, т. е. NBIC-технологий²².

Четвертое поколение вступит в действие к 2020 гг. и приведет к созданию «гетерогенных молекулярных наносистем», где каждая молекула в наносистеме будет иметь конкретную структуру и выполнять

свою функцию. Другими словами, молекулы будут использоваться как своего рода оборудование. На основе молекулярного инжиниринга и проектирования соответствующей архитектуры наноструктур молекулы будут выполнять новые функции, отличающиеся от функций обычных молекул. В этот период и начнется формирование атомно-молекулярного проектирования, создания машин и оборудования на основе макромолекулярной сборки²³, использования и конвергирования квантовых и биотехнологий, создания интерфейса «человек – машина» в тканевой и нейросистеме человека. Станут приоритетными НИР по такой тематике, как манипулирование атомами для проектирования молекулярных и супермолекулярных систем, взаимодействие на атомно-молекулярном уровне между светом и веществом с целью преобразования солнечной энергии, использование квантового контроля за механическими и химическими процессами, применение наносистемной биологии для целей здравоохранения и сельского хозяйства, наноинформатика, биоинформатика, использование нанотехнологий для фильтрации и очистки воды и др. Таков технологический форсайт четвертого поколения конвергированных NBIC-технологий, сделанный NSF²⁴.

В стратегическом плане NSF предложил администрации Президента США следующие приоритеты НИР²⁵ в рамках Национальной нанотехнологической инициативы на период 2006–2010 гг.: 1) фундаментальные исследования явлений и процессов на наноуровне; 2) наноматериалы; 3) наноборудование и системы; 4) инструменты, метрология и стандарты для проведения исследований в области нанотехнологий; 5) нанопроизводство; 6) закупка основного научно-исследовательского оборудования; 7) социальные последствия исследований и производства нанопродукции²⁶.

3.4. Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским проектам США (DARPA): программы технологической конвергенции

По нашему мнению, определенный интерес представляют проекты и программы исследований в области конвергенции NBIC-технологий, осуществляемые федеральным Агентством США по перспективным оборонным научно-исследовательским проектам – DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). В принципе NBIC-технологии используются DARPA в НИР, нацеленных на создание оборонных систем, в том числе для борьбы с международным терроризмом (например, программа создания инновационных сенсоров для защиты вооруженных сил в период их действия на территории противника).

Для иллюстрации даны затраты на базовые исследования, проводимые DARPA в области конвергенции БТ, ИКТ и микро-технологий (табл. 6). Последние связаны, в частности, с разработкой микроэлектромеханических систем (MEMS), которые в перспективе перейдут в стадию исследований и создания наноэлектромеханических систем (NEMS).

DARPA не обошла вниманием НИР в области когнитивных наук и технологий. В табл. 7 приведены затраты на прикладные исследования, реализуемые DARPA в ряде проектов, относящихся к области когнитивных технологий и конвергенции NBIC-технологий, которые охватывают когнитивные компьютерные системы и когнитивную обработку информации, включая коллективные когнитивные системы и интерфейсы. Затраты на эти НИР начиная с 2005 по 2011 г. планируется увеличить в среднем в 1,5–2 раза.

Проект COG-01 «Когнитивные компьютерные системы»²⁷ представляет собой сле-

Таблица 6

Затраты на базовые исследования, реализуемые агентством DARPA, млн долл.

Программы базовых исследований	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Примечания
Биотехнологии, информационно-коммуникационные и микротехнологии	53,879	44,042	46,266	49,645	53,925	54,925	55,925	Проект BLS-01
Информационные науки	23,791	19,933	29,481	32,687	30,627	31,314	32,951	Проект CCS-02
Электроника	33,815	30,783	34,060	30,853	30,752	31,752	31,752	Проект ES-01
Новые материалы	53,618	38,550	40,883	40,275	40,938	41,968	41,968	Проект MS-01
Итого	165,101	133,308	150,690	153,460	156,242	159,959	162,596	Программный элемент PE

Источник: Research, Development, Test and Evaluation, Defense-Wide. Vol. 1 – Defence Advanced Research Projects Agency, Unclassified. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2007 Budget Estimates February 2006. P. 1.

Таблица 7

Затраты на прикладные исследования, реализуемые агентством DARPA в области когнитивных технологий, млн долл.

Проекты прикладных исследований	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Примечания
Когнитивные компьютерные системы	19,80	26,68	37,64	40,18	42,65	43,75	43,75	Проект COG-01
Когнитивная компьютерная обработка информации	85,19	88,93	121,26	126,19	130,63	139,99	140,74	Проект COG-02
Коллективные когнитивные системы и интерфейсы	40,85	47,82	61,19	61,23	61,75	63,75	61,75	Проект COG-03
Итого	145,83	163,43	220,09	227,60	235,03	247,49	246,23	Программный элемент PE

Источник: Research, Development, Test and Evaluation, Defense-Wide. Vol. 1 – Defence Advanced Research Projects Agency, Unclassified. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2007 Budget Estimates February 2006. P. 59.

дующий этап революции в компьютерных системах вычислений и обработки информации (табл. 7). Когнитивные компьютерные системы будут иметь интеллектуальный (мыслительный) и обучающий потенциал, а с другой стороны – автономность. Когнитивные системы будут отличаться от традиционных компьютерных систем тем, что они смогут манипулировать большим объемом структурированной информации, обучаться на основе полученного опыта, добавляя эти знания в систему сохранения информации когнитивной системы, производить смешение логического знания с неопределенной и вероятностной информацией, а также передавать и учитывать полученные перцепционные данные (визуальные, слуховые и др.). Основное направление работ по данному проекту – разработка соответствующего инструментария

и архитектуры, необходимой для поддержки происходящей «когнитивной компьютерной революции».

В рамках этого проекта разрабатывается тема «Коллективные когнитивные системы и интерфейсы», направленная на значительное повышение эффективности взаимодействия между солдатом и командиром на поле боя на основе когнитивных систем прямого действия, включающих физические сенсоры и эффекторы²⁸. В результате реализации проекта предполагается разработать технологии, дающие возможность оценивать когнитивное состояние пользователя, адаптировать его к окружающей среде и оптимизировать понимание им состояния этой среды с целью повышения эффективности его действий.

В рамках проекта COG-02 «Когнитивная компьютерная обработка информации»

Затраты на базовые исследования, реализуемые агентством DARPA, млн долл.

Программы базовых исследований	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Примечания
Информационные науки	23,791	19,933	29,481	32,687	30,627	31,314	32,951	Проект CCS-02
Науки об электронике	33,815	30,783	34,060	30,853	30,752	31,752	31,752	Проект ES-01

Источник: Research, Development, Test and Evaluation, Defense-Wide. Vol. 1 – Defence Advanced Research Projects Agency, Unclassified. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2007 Budget Estimates February 2006. P. 1.

будут разработаны ключевые технологии, которые позволят компьютерным системам обучаться, осмысливать и использовать знания, полученные на основе опыта, подготавливать осмысленный, интеллектуальный ответ на новые и непредвиденные события, имеющие место в окружающей среде²⁹. Эти технологии должны привести к созданию систем с высокой степенью самообеспеченности, интеллектуальности, кооперативности в поведении, способности осуществлять свою реконфигурацию и выживаемость при незначительном воздействии на когнитивную систему со стороны программистов в условиях реального времени.

В когнитивной компьютерной архитектуре предусматриваются три первичных типа процессов обработки информации: 1) реактивный, 2) совещательный и 3) рефлексивный. Реактивные процессы должны дать быстрый и прямой ответ на известные раздражители (входные сигналы), совещательные – воплощение в себе процессов «мышления», а рефлексивные – процессов высокого порядка, что дает возможность системе «сделать шаг назад», оценить окружающую среду и собственные возможности по принятию решений для реализации последующих действий.

В рамках проекта осуществляется разработка технологий, относящихся к «интегральным когнитивным системам», представляющим высокофункциональные когнитивные системы, способные оказывать

эффективную поддержку военному командованию и разработчикам военной политики. Технологии строятся на повышении уровня и качества взаимодействия в рамках интерфейса «человек – компьютер». Разрабатываются технологии современного машинного обучения, которые позволят когнитивным системам находиться в постоянном процессе обучения, адаптации и осуществления ответных реакций на новые ситуации в окружающем мире в режиме реального времени.

Биокогнитивная программа опирается на достижения в области нейропсихологии и когнитивной психологии с целью усилить потенциал традиционного искусственного интеллекта AI (Artificial Intelligence) в области обучения, логического мышления, памяти, приобретения знаний, организационных и функциональных действий. Работа будет сфокусирована на инновационные проекты, охватывающие функции и структуры мозга человека. Это расширит традиционные технологии AI.

Эти системы будут имитировать действия мозга человека в прошедших ситуациях для их использования в новых, создав соответствующую биоинспирированную когнитивную архитектуру, опираясь при этом на нейронауку и когнитивную психологию.

Проект COG-03 «Коллективные когнитивные системы и интерфейсы»³⁰ должен поднять на новую высоту эффективность

взаимодействия командира и солдата на поле боя посредством разработки революционно новых когнитивных технологий, увеличивающих эффективность компьютеров и интеллектуальный потенциал командира и солдата по переработке информации на поле боя.

В рамках проекта будут разработаны инновационные цифровые технологии, поддерживающие и усиливающие память солдата и командира, их коллективное внимание и восстановление в памяти ситуации на поле боя.

В табл. 8 представлены другие проекты DARPA, относящиеся к ИКТ.

По проекту CCS-02 «Информационные науки»³¹ проводятся базовые научные исследования и эксперименты, относящиеся к национальной безопасности (табл. 8). Они включают компьютерное моделирование, новые инновационные механизмы для осуществления компьютерных и коммуникационных операций, инновационные подходы к композиции программного обеспечения, разработку новых интерфейсов «человек – компьютер», инновационной компьютерной архитектуры, автоматизированной идентификации речи и др.

В проекте предусмотрена программа «Эксплуатация компьютеров и координация с действиями человека», в рамках которой разрабатывается технология обработки информации, позволяющая будущим солдатам и командному составу взаимодействовать в реальном времени на поле боя с компьютером. Эта технология основана на принципе взаимодействия «человек – машина» и позволяет человеку и компьютеру стать «синергетической командой».

В рамках проекта ES-01 «Науки об электронике»³² проводятся исследования и осуществляется демонстрация электронной и оптоэлектронной аппаратуры, разрабатываются концепции, которые предоста-

вят в перспективе: 1) новые технические возможности для реализации процессов сбора информации о противнике в реальном времени и 2) новые технические средства для увеличения производительности и снижения стоимости затрат на реализацию информационных процессов. Этот проект продолжит инновационную деятельность в микроэлектронике и оптоэлектронике, создании чипов на нанометрическом уровне, оборудования для осуществления молекулярной сборки наноструктур. Планируется в соответствующих университетах создать фотонные оптоцентры, которые будут соединять результаты академических исследований и инженерные разработки университетских центров с промышленными фирмами с целью коммерциализации оптоэлектронных компонентов для военных целей, а также с целью разработки чипов, интегрирующих в себе фотонные и электронные технологии, а также MEMS.

Проект MS-01³³ включает разработку высокопрочных и энергоэффективных мобильных и портативных источников энергии, разработку и создание наноструктурных и биомолекулярных материалов, интерфейсов и микросистем, материалов и измерительных приборов для молекулярной электроники и спин-зависимых материалов и оборудования, используя законы квантовой механики. Предусмотрено тестирование нового класса материалов, таких как плазмоны и конденсаты Боза – Эйнштейна (Bose-Einstein Condensates), которые имеют потенциал для получения новых свойств при работе в квантовом режиме. Планируется разработать спинтранзисторы и световые спиновые диоды (spin LED), новый класс памяти для использования в компьютерах и другое оборудование. В целом для этих целей приняты программы «Спиновая электроника» и «Молекулярная электроника», в рамках ко-

торых планируется разработать соответствующие элементы для компьютеров на наноуровне.

В проект входит программа «Проектирование биомолекулярного и нанооборудования и систем». Она включает разработку и создание инновационной гибридной «биолого-неорганической» технологии, которая даст возможность совмещения этих материалов и передачи информации между биологическими и небιологическими материалами, что исключительно важно при разработке продукции нейропротезирования.

3.5. Глобальные технологические прогнозы в США

Еще в 2000 г. Национальный совет по разведке США подготовил доклад «Глобальные тенденции 2015: Диалог о будущем с неправительственными экспертами»³⁴. Так, по результатам глобального технологического прогноза в разделе «Наука и технологии» делается следующий вывод: диффузия ИКТ и новые сферы применения биотехнологий будут иметь глобальные последствия. В перспективе просматриваются две основные тенденции: 1) интеграция ИКТ, биотехнологий, наук о материалах и нанотехнологий приведет к 2015 г. к широкомасштабным результатам в инновационных технологиях, что окажет глубокое воздействие на бизнес, торговлю, здравоохранение и безопасность, 2) старые, разработанные и используемые в настоящее время технологии будут «приспосабливаться» к новым рынкам (например, применение инновационных технологий для преобразования и использования старых чипов для ЭВМ).

Прогнозы Национального совета по разведке США определяют возможные границы технологического развития для раз-

личных стран мира, которые, как считают эксперты совета, будут иметь место в различных странах мира, содействуя тем самым эволюции инновационно-технологической цивилизации XXI в.

Так, например, Индия к 2015 г., как они считают, останется на передовых позициях в области ИКТ, тогда как Китай станет мировым лидером в этой сфере. Россия, по оценкам экспертов США, видимо, значительно расширит применение ИКТ еще до 2015 г. В упомянутом докладе отмечено, что к 2015 г. достижения биотехнологической революции будут направлены главным образом на борьбу с заболеваниями, увеличение производства продовольствия, уменьшение загрязнения окружающей среды и улучшение качества жизни.

В США было признано, что прогнозы до 2015 г. в принципе недостаточны для использования при формировании национальной и тем более глобальной инновационной политики, поскольку они не охватывают достаточно длительных перспектив и не включают взаимосвязь наук и глобальных технологий XXI в., которые развиваются не одновременно, но в конечном итоге создают синергический эффект будущего развития на национальном и цивилизационном уровнях. Другими словами, прогнозирование должно формировать базу для создания полноценной инновационной политики, отражающей современные и перспективные тенденции развития на более длительный срок.

В разделе «Технологическая революция» доклада 2004 г. «Картирование будущего. Проект-2020 Национального совета по разведке США»³⁵ отмечается, что к 2020 г. новые технологии приведут к «драматическим результатам в области человеческого познания и процветания личности». Как утверждают американские эксперты, будет наблюдаться двухсторонний обмен «высокотехнологичными умами» между раз-

вивающимися странами и странами Запада. Это приведет к диверсификации целей и задач, например, в рамках соответствующих стратегий транснациональных корпораций в области высоких технологий. Особо отмечается тенденция «многофакторной конвергенции» в сфере ИКТ, БТ и НТ, которые революционизируют практически все стороны человеческой жизни, о чем, собственно, говорилось и в предыдущем докладе. Все эти технологии будут использоваться для инновационного развития промышленного производства, энергетики, водоснабжения и транспортных технологий. Это даст возможность мировому сообществу решить в той или иной степени проблемы, связанные с ростом населения, его потребностей и глобальными вызовами.

По оценкам национального совета, в первой половине XXI в. страны ЕС и G-8 рискуют оказаться неконкурентоспособными по ряду технологий по сравнению с некоторыми азиатскими странами. Китай и Индия, используя так называемый принцип скачкообразного развития, продолжают позиционирование себя в качестве ведущих стран в отдельных высокотехнологичных, инновационных областях. Однако, как считают американские аналитики, США будут удерживать ведущие позиции в конкуренции с азиатскими странами, но потеряют конкурентоспособность по ряду разработок и производства высокотехнологичной продукции. Инновационная конкурентоспособность стран, в соответствии с оценками этих экспертов, будет во многом зависеть от инвестиций стран в глобальные интеграционные процессы и использования в экономике новых, «глобальных инновационных технологий». Фактически речь идет о глобальном разделении труда в рамках полного инновационного цикла и коммерциализации технологий, т. е. от разработки

идеи до рынка инновационных продуктов и услуг.

В первой половине XXI в. все страны столкнутся с серьезными вызовами, связанными с защитой интеллектуальной собственности, контролем и соответствующими запретами в торговле и использовании «чувствительных» глобальных технологий (например, глобальных технологий двойного использования), которые могут привести к военным столкновениям или росту международного терроризма, а также к необходимости решения цивилизационных проблем социально-экономического, морально-этического и религиозного характера, например в области исследования стволовых клеток.

3.6. Проекты форсайта и технологической конвергенции в Канаде

Практически сразу же после появления «NBIC-инициативы» в США к этой тематике был проявлен интерес и в Канаде с точки зрения реализации соответствующих проектов форсайта. Через некоторое время этой тематикой сразу же, как и в США, заинтересовались военные научно-исследовательские центры.

В принципе проблема конвергенции под названием тематики «Биосистемный синтез» была включена в два исследования, проводившихся в рамках пилотного проекта форсайта в области науки и технологий STFPP (Science and Technology Foresight Pilot Project). Следует отметить, что директорат программы форсайта находится в офисе Национального советника по науке при Правительстве Канады. Таким образом, канадское правительство хотя и косвенно, но осуществляло определенную политическую и финансовую поддержку исследования национальных и междуна-

родных проблем, вытекавших из исследований, проведенных в США, а также в Европе, связанных с конвергенцией NBIC-технологий. В 2003 г. было начато осуществление программы «Биосистемный синтез». В рамках проекта была рассмотрена конвергенция НТ, БТ, ИКТ, КТ в контексте решения экологических проблем³⁶.

С другой стороны, Национальным советником по науке Канады была начата реализация проекта по изучению сути и содержания технологической конвергенции, в котором исследовались социальные, этические, ценностные и другие проблемы этого типа конвергенции, представлявшие интерес для Канады. Данное направление получило название BIND (Bio, Info, Nano и Design). Как видно из названия, когнитивные науки и технологии выпали из этого направления деятельности. В целом это связано с тем, что канадское правительство основной приоритет отдает дизайну и проектированию новых конвергированных технологий с целью их скорейшей коммерциализации. Что же касается когнитивных технологий, то, по их мнению, это направление далекого будущего, на которое еще рано тратить соответствующие финансовые ресурсы.

Основной акцент правительство Канады сделало на конвергенцию трех основных технологий из комплекта NBIC-технологий. Это НТ, БТ и ИКТ. Так, например, Национальный научно-исследовательский совет Канады осуществляет такое исследование, как «Конвергенция технологий в области ИКТ и наук о жизни». Это исследование охватывает проблему конвергенции следующего поколения «технологических кластеров», расположенных в Ванкувере, Торонто, Монреале и Оттаве³⁷.

В целом позиция правительства Канады в сфере конвергенции NBIC-технологий значительно отличается от американской,

несмотря на то что Канада во многом копирует опыт США в инновационных областях знаний.

¹ Antón Ph. S., Silbergli R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Naterials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015 / RAND Corp. National Defense Research Institute/ Prepared for the National Intelligence Council, 2001.

² Beckert B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Appendix C. The Ontological Politics of Convergence. Authors: Steeve Woolgar, Christipher Coenen, Elena Simakova Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities (CONTECS). Deliverable D3.2/April 2008. P. 6.

³ Ibid. P. 7

⁴ Bainbridge W.S., Roco M. (eds.) Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations – Converging Technologies in Society. Dordrecht: Springer, 2006.

⁵ <http://www.bioethics.gov/reports/>

⁶ Global Trends 2010 (GT 2010), Global Trends 2015 (GT 2015), Global Trends 2020 (GT 2020).

⁷ Antón Ph. S., Silbergli R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Naterials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015 / RAND Corp. National Defense Research Institute/ Prepared for the National Intelligence Council, 2001.

⁸ В России, например, принят Федеральный закон «О временном запрете на клонирование человека» № 54-ФЗ от 20 мая 2002 г. Действие этого запрета истекло 27 июня 2007 г. Закон не запрещает клонирование иных организмов.

⁹ Antón Ph. S., Silbergli R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Naterials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015 / RAND Corp. National Defense Research Institute/ Prepared for the National Intelligence Council, 2001.

¹⁰ Определение иммунологической принадлежности клетки, ткани или организма по результатам анализа состава антигенов.

¹¹ Antón Ph. S., Silberglit R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015 / RAND Corp. National Defense Research Institute/ Prepared for the National Intelligence Council, 2001.

¹² В международной практике появился даже новый термин – «глобальные технологии».

¹³ Mapping the Global Future: Report of the National Intelligence Council's 2020 Project Based on Consultations with Nongovernmental Experts Around the World, December 2004; The Global Technology Revolution (Antón, Silberglit, and Schneider, MR-1307-NIC, 2001); Global Trends 2015. Global Trends 2015 and the 1996 NIC document Global Trends 2010.

¹⁴ Silberglit R., Antón Ph. S., Howell D. R. et al. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. Prepared for the National Intelligence Council. RAND Corp., 2006.

¹⁵ Азия (Китай, Индия, Индонезия, Япония, Южная Корея, Непал, Пакистан); Океания (Австралия, Фиджи); Северная Африка и Ближний Восток (Египет, Иран, Израиль, Иордания); Европа (Грузия, Германия, Польша, Россия, Турция); Африка (Камерун, Чад, Кения, Южная Африка); Северная Америка (Канада, Мексика, США); Латинская Америка (Бразилия, Чили, Колумбия, Доминиканская Республика).

¹⁶ Mapping the Global Future, Report of the National Intelligence Council's 2020 Project / Based on consultations with nongovernmental experts around the world. P. 12.

¹⁷ Ibid. P. 34–35.

¹⁸ По некоторым оценкам, финансирование НИР в области нанотехнологий осуществляют более 60 стран мира.

¹⁹ National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco /U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 5.

²⁰ National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 14.

²¹ Японская компания Unisantis информировала в конце 2007 г., что она заключила соглашение о партнерстве в области НИОКР с Институтом микроэлектроники Сингапура о проведении исследований по созданию так называемого транзистора SGT (Surrounding Gate Transistor, с тактовой частотой 20 ГГц, а в перспективе – до 50 ГГц, что в 20–30 раз выше скорости современных процессоров. (<http://www.techchee.com/2007/12/08/sgt>).

²² National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 28–29.

²³ В США, например, по линии Национального научного фонда особое внимание было уделено финансированию создания в 2005–2006 гг. нанопроизводственных центров и сетей.

²⁴ National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 29.

²⁵ В стратегическом плане на 2001–2006 гг. были предложены следующие темы НИР: 1) наноструктурные материалы на основе их инженерного проектирования; 2) производство на наноуровне; 3) детекция и защита от химических, биологических, радиологических и взрывчатых веществ; 4) наноинструменты и метрология; 5) наноэлектроника, нанопотоника и наноманетизм; 6) здравоохранение, терапия и диагностика на наноуровне; 7) эффективная конверсия энергии и ее аккумулирование; 8) микротранспортные средства и роботы; 9) нанопроцессы для защиты окружающей среды.

²⁶ National nanotechnology Initiative – Past, Present, Future. Dr. M.C. Roco / U.S. National Science Foundation and National Nanotechnology Initiative. March 2007. P. 35.

²⁷ Research, Development, Test and Evaluation, Defense-Wide. Vol. 1 – Defence Advanced Research Projects Agency, Unclassified. Department of De-

fense Fiscal Year (FY) 2007 Budget Estimates February 2006. P. 59–66.

²⁸ К эффекторам относятся: 1) датчики, воспринимающие воздействие окружающей среды и 2) исполнительные органы или устройства (например, в роботах), работающие в данном случае от поступающих сигналов когнитивной системы.

²⁹ Research, Development, Test and Evaluation, Defense-Wide. Vol. 1 – Defence Advanced Research Projects Agency, Unclassified. Department of Defense Fiscal Year (FY) 2007 Budget Estimates February 2006. P. 67– 76.

³⁰ Ibid. P. 77–86.

³¹ Ibid. P. 12–16.

³² Ibid. P. 17–23.

³³ Ibid. P. 24–30.

³⁴ Global Trends 2015: A Dialogue About the Future With Nongovernment Experts. Prepared under the

direction of the National Intelligence Council, December 2000.

³⁵ Mapping the Global Future. Report of the National Intelligence Council's 2020 Project Based on consultation with nongovernmental experts around World/NIC 2004–13/December 2004. P. 34–37.

³⁶ http://www.proact2006.fi/chapter_images/298_Ref_A10_Jack_Smith.pdf. <http://moyak.com/research/nrc/BioSystemics.doc>; 2100.org/Nanos/bio-systemics-canada.pdf

³⁷ Voyer R., Makhija, N. ICT/Life Sciences Converging Technologies Cluster Study: A Comparative Study of the Information and Communications, Life Science, and Converging Next Generation Technology Clusters in Vancouver, Toronto, Montreal and Ottawa. Ottawa, 2004. – <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inict-tic.nsf/en/it07730e.html>)

4. Перспективные проекты и программы в ЕС

4.1. Будущее развитие NBIC-технологий

ЕС проявляет исключительный интерес к тематике NBIC-технологий, и особенно к проблемам когнитивных исследований и когнитивных технологий. Фактически в Европе развитие когнитивной науки прошло три фазы¹.

Первая фаза (1943–1970). Это была эра пионеров. Основное направление связано с компьютерными исследованиями и разработкой искусственного интеллекта (AI). Впоследствии теория и практика AI стала уже традиционной дисциплиной, связавшей когнитивную науку и технологии с ИКТ. Большой вклад в развитие когнитивной науки в Европе сделали британский математик Алан Тьюринг, в частности, в области AI, швейцарский психолог Жан Пиаже, российские психологи Л. Выготский, А. Лурия, Б. Величковский, Н. Бехтерева, французский биолог, лауреат Нобелевской премии Жак Моно и др. В этот период были организованы центры исследований мозга и когнитивности в Эдинбурге, Женеве, Париже, а также в ряде других европейских стран. Европа была в числе первых, где получили развитие когнитивные нейронауки, нейропсихология, общая когнитивная психология, роботехника, нейрофизиология, математика сложных систем, натуралистическая антропология, экспериментальная экономика и др. В этот период европейские программы исследований отличались от американских в области психологии и социальных

наук. Именно в Европе был впервые сделан акцент на интеграцию различных научных дисциплин при проведении когнитивных исследований.

Вторая фаза (начало 1970-х – конец 1990-х годов). Этот период сопровождался созданием в Европе соответствующих учебных программ, академических и научно-исследовательских институтов когнитивного направления, журналов и т. д. Развивался процесс инженерного моделирования нейронных сетей мозга и нейрокомпьютеризации.

В этот период начинают активизироваться США, вкладывая значительные финансовые ресурсы в НИР когнитивного направления. Учитывая эти тенденции, Европа также начала проводить подобные исследования, но в менее крупных масштабах. Существовало два основных фактора, которые сдерживали в этот период когнитивные исследования в Европе. Во-первых, это нехватка финансовых ресурсов и определенное недоверие к когнитивным дисциплинам, которые некоторые ученые и политики рассматривали как сомнительные с точки зрения науки. Несмотря на это, продолжались исследования в области когнитивной психологии, например, в Великобритании, нейронауки – в Германии, Франции и Италии, лингвистики – во Франции, Италии и Нидерландах, Германии, в области логики и компьютерных наук применительно к решению когнитивных задач – в Великобритании, Нидерландах и Франции.

Третья фаза (конец 1990-х годов – начало XXI в.). В последние годы мировая

Основные высшие учебные заведения, НИИ, международные организации и фирмы ЕС, занимающиеся когнитивными исследованиями

Страна, регион, город	Наименование организации, НИИ, университета, фирмы	Тип организации	Область деятельности	Кластер (технологическая конвергенция)	Спонсор
Франция, Бордо	Институт когнитивных исследований (Institut de Cognitive – IDC) http://www.scico.u-bordeaux2.fr/scico	Инженерная школа (открыта в 2004 г.)	Когнитивный инжиниринг, когнитивная эргономика	Когнитивный инжиниринг	Университет Бордо II и Европейское космическое агентство
Франция, Гренобль	Minalogic/Minattec http://www.minalogic.com http://www.minattec.com	Научно-исследовательский парк и промышленный консорциум (открыты в 2006 г.)	Микро- и нанотехнологии, умные процессоры	То же	Французское космическое агентство, фирмы Airbus, аэрокосмическая фирма Thalès, частная фирма Eurisco и др.
Некоторые страны ЕС	Европейская эргономическая ассоциация (Federation of European Ergonomics Societies) http://www.fe-es-network.org/	Профессиональная академическая организация (создана в 2000 г.)	Эргономика	>>	Французское космическое агентство
Бельгия, Франция, Германия, Швейцария, Великобритания, Нидерланды и др.	Европейские биофармацевтические предприятия (European Biopharmaceutical Enterprises – EBE) http://www.ebe-efpia.org/	Профессиональная промышленная организация (создана в 2000 г.)	Биотехнологии, фармацевтическая промышленность	Биотехнологии и нейронаука	65 компаний-участников
Научно-исследовательский парк и промышленный консорциум (открыты в 2006 г.)	Микро- и нанотехнологии, умные процессоры	То же	Французское космическое агентство, фирмы Airbus, аэрокосмическая фирма Thalès, частная фирма Eurisco и др.	То же	Школа медицины, европейские и международные фонды, промышленные фирмы Neurobotics (перспективные роботы) http://www.neurobotics.org/ Neuroprobe (инструменты для НИР) http://www.neuroprobes.org/ DIRAC (искусственные когнитивные системы) http://www.diracproject.org/ Neuro-it (нейрокомпьютеры) http://www.neuro-it.net/
Франция, Париж	Sony CSL	Лаборатория промышленных НИР	Робототехника, нейророботы, искусственный интеллект	>>	ЕС и компания SONY http://www.csl.sony.fr/ http://www.fkaplan.com
Бельгия (Брюссель), Франция (Лион), Великобритания (Оксфорд)	Neurosense	Старт-апы	Нейромаркетинг, нейросенс и др.	>>	http://www.neuromarketing.be/index.htm http://www.neurosense.com
Франция, Великобритания, Швеция и др.	Франс Телеком, Бритиш Телеком, Эрикссон, Напстер, Скайп и др. (France Telecom, British Telecom, Ericsson, Scype)	Крупнейшие фирмы, ТНК, провайдеры	Конвергенция в телекоммуникациях	Телекоммуникации	–
ЕС	World Wide Web Consortium (W3C), European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM), Technical Research Center of Finland (VTT)	Консорциумы, центр прикладных НИР и др.	Интернет, семантические исследования, лингвистика и пр.	То же	http://www.w3.org/ http://www.ercim.org http://www.vtt.fi Партнеры: PHILIPS (биомедицинские исследования), ISTFET (U.E.) – ИКТ

(окончание)

Страна, регион, город	Наименование организации, НИИ, университета, фирмы	Тип организации	Область деятельности	Кластер (технологическая конвергенция)	Спонсор
	Эдинбургская школа информатики (Edinburgh School of Informatics)	Крупный НИИ в государственном университете	Компьютерные науки, когнитивное моделирование, искусственный интеллект	Фундаментальные исследования в области когнитивных наук	–
	Факультет когнитивных наук в университете Лунда (Lund University: Cognitive science Dpt.)	Небольшой университет	Базовые и прикладные исследования в области когнитивных наук	Базовые и прикладные исследования в области когнитивных наук	Поддерживается ЕС
	Институты Макса Планка (Max Planck Institutes)	Институты в области развития человека, интеграции нейронаук, развития приматов и человека	Когнитивные науки, антропология, нейронаука и их использование в образовании и культуре	Базовые исследования в области когнитивных наук	–

Источник: Beckert B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Appendix B. Cognitive science within Convergence: Key issues in the European context. Authors: Daniel Andler, Simon Barthelmé. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities (CONTECS). Deliverable D3.1 – Part II/April 2008. P. 59–77.

тенденция развития когнитивной науки и технологий переориентировалась в значительной степени в сторону нейронауки, с одной стороны, а с другой – достигла определенного количественного и качественного роста. Появились совершенно новые направления когнитивных исследований. К концу 1990-х годов произошел взрыв научно-исследовательской деятельности в области когнитивных наук во многих других странах мира, включая Китай и Индию. Начинают развиваться фундаментальные и прикладные исследования в рамках NBIC-технологий. Проявляет свой интерес к этой сфере национальный и международный бизнес. В этот период Европа, по оценкам западных экспертов, начинает отставать от США, Японии, Австралии, куда стремятся выехать европейские ученые и исследователи². Тем не менее европейские страны все еще лидируют в некоторых областях когнитивных наук и технологий. В табл. 9 приведены дан-

ные по ряду высших учебных заведений, НИИ, фирм, которые вовлечены в реализацию когнитивных исследований в области NBIC-технологий в Европе.

Так, например, Институт когнитивных исследований IDC является первым в Европе в области данных исследований (табл. 9). Он создан при факультете когнитивных наук Университета Бордо для подготовки «когнитивных инженеров» в соответствии с запросами аэрокосмической отрасли и самолетостроительной компании Airbus. Специализация когнитивных инженеров – разработка технологий и промышленное производство интеллектуального нано и когнитивного оборудования и аппаратуры гражданского и военного назначения в области контроля и управления так называемым человеческим фактором в авиации и космических полетах.

Научно-исследовательский парк Minalogic/Minattec опирается на научно-технологический и промышленный потенциал Гренобля в области микро- и

программных технологий. Парк объединяет 220 лабораторий и пять международных научно-исследовательских центров, в которых занято около 17 тыс. исследователей. Кроме того, в Гренобле обучается 53 тыс. студентов, имеется 10 инженерных школ. В 30 национальных компаниях и 20 стартапах, работающих в сфере высоких технологий и сотрудничающих с Minalogic/Minates, занято 13 350 профессиональных сотрудников. Minalogic фактически занимает первое место в Европе и третье в мире по разработке интеллектуальных микрочипов. Minates – это новый европейский бренд по разработке микро- и нанотехнологий, биочипов и умных материалов, в котором занято 3,5 тыс. инженеров и научных сотрудников различных специальностей. В рамках партнерства с рядом организаций как государственного, так и частного сектора в ближайшей перспективе планируется создать промышленный концерн по реализации когнитивных проектов на основе NBIC-технологий, учитывая при этом социальные, политические, моральные и другие аспекты создания и применения конвергированных NBIC-технологий. На это будет инвестировано около 4 млрд евро бюджетных средств и ресурсов частных фирм³.

Европейская эргономическая ассоциация имеет довольно много отделений в странах ЕС. В соответствии с определениями Международной эргономической ассоциации эргономика распадается на три основные дисциплины: физическая, когнитивная и организационная эргономика. Когнитивная эргономика предоставляет базовые основы для понимания «когнитивности человека», что требуется при анализе и соответствующем изменении условий работы, повышения ее эффективности, а также для учета и контроля человеческого фактора. В этой связи в когнитивной эргономике изучаются и проводятся исследования в области чувственных восприятий, памяти, мышления и моторных действий человека

в ответ на существующие условия работы. В целом партнерство в области когнитивной эргономики являлось и является одним из приоритетов Шестой и Седьмой рамокных программ ЕС. В контексте технологической конвергенции проведение когнитивных НИР осуществляется с использованием биотехнологий, нанотехнологий, наноматериалов и новых производственных технологий, в частности для использования в аэрокосмических аппаратах⁴.

ЕВЕ представляет собой фармацевтическое, биотехнологическое лобби в ЕС. В ЕС насчитывается 1879 компаний, в которых занято 87 тыс. служащих. По имеющимся данным, только в 2003 г. эти фирмы затратили на НИР 8,4 млрд евро.

По оценкам европейских аналитиков, XXI в. станет веком биотехнологий, в котором ЕС будет играть лидирующую роль в мировом промышленном производстве и торговле, особенно тогда, когда в рамках биотехнологий фармацевтическая промышленность займется изготовлением лекарств для лечения болезней Альцгеймера и Паркинсона, стимулированием мозговой деятельности человека, а также его когнитивных возможностей. Последнее становится важнейшим направлением НИР в области когнитивной нейронауки. Наиболее мощные НИР в этой сфере проводят корпорации Bayer и Novartis⁵.

Нейро- и психофизиологическая лаборатория в Университете Leuven – одна из лучших европейских и мировых лабораторий, занимающаяся изучением мозга и систем сканирования функциональных изображений мозга. Лаборатория сотрудничает с университетами и промышленными фирмами, предоставляя результаты своих НИР фирмам для разработки соответствующих когнитивных технологий. Лаборатория занимается исследовательскими проектами в области создания интеллектуальных систем, нейроботов, наночипов для

регулирования работы мозга, искусственного интеллекта, нейромиметики и др.⁶

Лаборатория Sony CSL – это фактически образец частной исследовательской фирмы, занимающейся конвергированными технологиями. Фирма выросла из всемирно известной лаборатории НИР японской компании Sony. Нейроботы или нейророботы, а также искусственные нейронные сети являются важнейшим направлением деятельности Sony CSL в области конвергированных технологий. Искусственные нейронные сети проектируются на основе биологических сетей, что получило новое название – нейромиметизм. В настоящее время Sony CSL разрабатывает маленьких роботов, которые, по оценкам аналитиков, будут иметь большой спрос на мировых рынках игрушек⁷.

Компания Neurosense, например, занимается нейронаукой в области нейромаркетинга. Нейромаркетинг исследует процессы, происходящие в мозге человека в момент возникновения у него соответствующего рыночного спроса на товары и услуги. Фирмы, проявляющие интерес к этой когнитивной проблеме: Coach Europe, Bruxelles formation, Optimum Management, CEFORA, IBGE, Nestlé, UCL, Panel & Média. В плане анализа технологической конвергенции и синергетических эффектов к исследованиям в области нейромаркетинга привлекаются специалисты в области социальной психологии, социологии и экономики⁸.

Конвергенция стала общеупотребительным термином на современном телекоммуникационном рынке. Для таких промышленных гигантов, как France Telecom, BritishTelecom, BrasilTelecom, ChinaTelecom и др., технологическая конвергенция и синергия стали стратегической задачей НИР. Конвергенция охватывает Интернет, мобильные телефоны, видеокamеры, видеотелефоны и другие технологии с целью соз-

дания единой, конвергированной технологической системы. По оценкам консалтинговой компании Informa Telecoms & Media, рынок мобильных конвергированных телекоммуникационных систем к 2011 г. достигнет 28 млрд долл.⁹

Надо отметить, что европейские ученые и политики, ответственные за разработку научно-технологической и инновационной политики своих стран, в первую очередь европейских, входящих в G-8 (Великобритания, Франция, Германия и Италия), начиная с 2000 г. постоянно участвуют в семинарах по проблематике конвергенции NBIC-технологий, проводимых NSF с целью изучения американского опыта в этой сфере.

С 2003 г. Европейская комиссия начала форсайтинговую деятельность в области конвергенции технологий, создав специальную группу экспертов высокого уровня под названием «Форсайт новой технологической волны». Эта группа опубликовала свой единственный пока доклад «Конвергированные технологии для общества знаний Европы – СТЕКС» в 2004 г.¹⁰ Фактически он был воспринят как ответная реакция Европы на стратегические интересы США в этой области.

В конце 2004 г. была создана другая группа экспертов высокого уровня «Ключевые технологии». В 2006 г. ею был подготовлен доклад «Использование конвергенции в информационном обществе – тенденции и перспективы конвергенции ИКТ с когнитивной наукой, биотехнологиями, нанотехнологиями и наукой о материалах»¹¹. Одна из ее задач – разработка и продвижение в практику концепции ЕС «Конвергентные технологии». Впоследствии эта концепция была инкорпорирована в Седьмую Рамочную программу ЕС в раздел по нанотехнологиям и ИКТ. Особый акцент был сделан на НИР, и в частности на социальные и гуманитарные аспекты примене-

ния NBIC-технологий и создание научно-производственных «кластеров конвергенции» на территории Европы.

Надо также отметить, что с 2005 г. «Конвергентные технологии» были предметом рассмотрения в рамках сети «Технологические оценки Европейского парламента (ЕРТА)». Оценка содержания и сущности конвергенции была предметом исследования в рамках первых проектов, осуществленных Группой экспертов Европейского парламента по оценке научно-технологических вариантов STOA и проведения в 2006 г. семинара под эгидой парламента под специфическим названием «Конвергентные технологии XXI века: Царство небесное, Преисподняя или Возвращение на Землю?»¹², что отражает соответствующие взгляды ученых и политиков на эту тему. Основная дискуссионная тема на семинаре свелась к спору между так называемыми биолуддитами¹³, придерживающимися консервативных позиций в процессе конвергенции биотехнологий, и европейскими «трансгуманистами», защищающими идею увеличения интеллектуального потенциала человека на основе достижений конвергенции NBIC-технологий, поддерживающими те же идеи, с которыми выступают их американские коллеги. Многие европейские парламентарии, не являясь в принципе сторонниками трансгуманизма, тем не менее выступают за идею усиления возможностей человека в медицинских целях, например для оказания соответствующей помощи инвалидам. В упоминавшихся выше докладах RAND Corp. было отмечено, что, несмотря на свою научно-технологическую и инновационную политику в области NBIC-технологий, «Европа рискует опуститься ниже Азии, особенно по сравнению с Китаем и Индией»¹⁴.

Безусловно, оценки американских экспертов в отношении уровня развития NBIC-технологий в Европе вызывают у ру-

ководства ЕС «синдром отставания» от передовых тенденций развития технологий XXI в., что заставляет их активизировать эту деятельность. Вместе с тем надо отметить, что в ряде европейских стран эта тематика в рамках научно-технологических и инновационных программ занимает не последнее место.

Так, например, в Великобритании Институт Джеймса Мартина в Университете Оксфорда реализует подготовку ряда сценариев будущего использования конвергентных технологий для Национального научного совета экономики и социальных наук. В этой стране проекты форсайта по когнитивным системам¹⁵ и исследованию мозга человека активно реализуются через Директорат проектов форсайта в Управлении науки и инноваций правительства. Они во многом базируются на упоминавшейся выше концепции ЕС CONTECS¹⁶. В этих проектах исследуются, в частности, такие проблемы, как взаимодействие между нейронами и электронными элементами, разработка нейропротезов и систем нейронных обратных связей, когнитивное протезирование, разработка экзоскелетов для военных и гражданских целей и пр., включая разработку предложений по «когнитивному законодательству», которое вытекает из реализации НИР в области NBIC-технологий.

В Германии в 2003 и 2006 гг. приняты программы НИР в области компьютерной нейронауки, инновационных научных установок и оборудования под эгидой Министерства образования и исследований (BMBF)¹⁷.

Франция также не обошла вниманием проблематику социально-экономических и морально-этических проблем конвергенции NBIC-технологий. В этой стране создана совместная рабочая группа по линии Генерального совета шахт и Генерального совета по информационным технологиям,

которая подготовила доклад, затрагивающий социальные и этические проблемы использования NBIC-технологий на национальном и международном уровне применительно к технологической конвергенции с нанотехнологиями. В нем исследованы как простые комбинации конвергенции технологий, например нанотехнологий и ИКТ, так и «метаконвергенции», где совмещаются биотехнологии, нейронауки, ИКТ, нанотехнологии и др.¹⁸

Необходимо отметить, что в рамках ЕС активно проводятся исследования в области социальных и морально-этических проблем применения конвергированных NBIC-технологий. Создана Группа экспертов ЕС по этике в области науки и новых технологий. В 2006 г. этой группой подготовлено исследование об этических аспектах влияния на человека имплантантов с использованием ИКТ¹⁹.

Следуя в русле современных тенденций развития конвергенции NBIC-технологий, НИР в ЕС охватили наиболее сложную и противоречивую область – исследование мозга человека, медицинские и когнитивные технологии. Так, в ЕС еще в 2005 г. консорциумом из 12 европейских НИИ было проведено исследование и подготовлен доклад о лечении болезней, связанных с расстройствами мозга человека²⁰. В этом же году в рамках Шестой Рамочной программы ЕС был сформирован междисциплинарный проект «Мозг человека», где на основе конвергенции различных наук и технологий (генетика, нейробиология, когнитивная наука, психология поведения человека, палеоантропология, история, моделирование, философия мышления и др.) были рассмотрены такие темы, как генетика когнитивных возможностей человека, развитие разума и процесса мышления, культурный контекст когнитивности и др.

Упомянутая NBIC-инициатива США и стратегия СТЕКС ЕС привели к созданию

в Испании Научно-исследовательского института конвергенции технологий, который осуществляет активное сотрудничество со странами Латинской Америки.

Суммируя, можно сказать: интеграция в различных областях науки ведет в результате к конвергенции технологий, что на последующем этапе научно-технологического развития может привести к синергетическому эффекту в самых разнообразных отраслях экономики и социума. Первая страна, которая обратила внимание на эту тенденцию и направила дополнительные ресурсы на НИР в этой сфере в начале XXI в. были США. За ними последовали и многие страны ЕС. Таким образом, налицо политическая конвергенция в области технологий будущего.

Помимо четырех известных областей конвергенции NBIC-технологий (НТ, БТ, ИКТ и КТ) Консультативной группе ЕС по инновациям в области науки и технологий были предложены для оценки и такие области, развивающиеся в рамках технологической конвергенции, как искусственный интеллект (AI), когнитивная наука (CogSci), технологии органических материалов, «Искусственная жизнь» (Artificial Life – AL), «машинное сознание», а также системы распределенных и параллельных вычислений и моделирования²¹. По оценкам этой группы экспертов, конвергированные технологии XXI в. будут исключительно сложными. Один из перспективных синергетических эффектов – потеря человеком контроля над своими технологическими достижениями. Эти возможные последствия уже сейчас требуют от политических деятелей рассмотрения и разработки законодательно-правовых механизмов контроля над полученными результатами НИР в области NBIC-технологий.

В рамках упоминавшейся группы HLEG были сформированы группы специальных интересов, которые охватывали исследова-

ние различных подпроблем. Например, область работы одной из этих групп в сфере технологического форсайта сконцентрировалась на тематике «Общество, познание и возможности групп», связанной с конвергенцией NBIC-технологий. Основная цель форсайта в этой группе – выявить потенциальные выгоды, риски и неопределенности, связанные с развитием и использованием инновационных NBIC-технологий в XXI в. На основе данной работы группой был подготовлен доклад «Конвергированные технологии, мир природы, социума и культуры».

В указанном докладе дано перспективное видение развития конвергированных технологий на 20-летний период, т. е. до 2020–2025 гг. По оценке экспертов этой группы, NBIC-технологии окажут серьезное воздействие на эффективность работы и процесс образования, усиление сенсорных и когнитивных возможностей человека, приведут к революционным изменениям в здравоохранении, усилении как индивидуальной, так и групповой креативности (творческого потенциала), росту эффективности коммуникационной техники, включая когнитивные коммуникации между людьми. Будет разработан улучшенный интерфейс «человек – машина» на основе нейроморфического инжиниринга, усилены возможности человека в военной сфере, улучшены физическое и когнитивное состояния мозга при старении человека и др.²²

Одно из важнейших направлений европейской инновационной деятельности в этом направлении – социальное, нацеленное на увеличение потенциала общества и экономики в развитии инновационной деятельности в XXI в., которое по своему содержанию в целом отличается от американского. Анализ инновационной политики США в сфере NBIC-технологий по сравнению с политикой ЕС показывает:

основополагающая цель политики США, по крайней мере по современным оценкам, – инвестиции в NBIC-технологии для роста ментального и физического потенциала индивидуума с определенным акцентом на военные элементы этого роста, включая и разработку военных технологий на базе NBIC-технологий. Европейские эксперты убеждены в том, что в целом приоритеты инновационной политики США нацелены на «революционизацию» и преобразование глобальной экономики и системы мировой безопасности в XXI в. с целью достижения лидерства США в мировой политике на основе их достижений в области NBIC-технологий²³.

Что касается Европы, то здесь, как утверждают эксперты групп специальных интересов HLEG, акцент инновационной политики в области NBIC-технологий должен опираться на социально-экономические аспекты развития конвергированных технологий, на повышение уровня и эффективности образования, усиление возможностей и повышение образовательного и интеллектуального потенциала европейского сообщества. Конечная цель должна быть направлена на рост инновационной активности человека, т. е. фактически это создание инновационного социума, инновационной психологии, а в конечном итоге и инновационной цивилизации. Европейские эксперты считают, что такой подход должен стать важнейшим условием эффективного социально-экономического развития Европы в XXI в. По некоторым оценкам социологов и психологов, процесс коллективного мышления, а следовательно, и уровень когнитивного и инновационного развития общества во многом не изменился за последние две тысячи лет и его уровень определяется лишь отдельными личностями, как это было, например, в Древней Греции²⁴.

Планируется, что система и методы образования в обществе знаний XXI в. в Ев-

ропе довольно сильно изменятся в результате использования конвергированных NBIC-технологий. Речь прежде всего идет о том, что получение знаний будет связано не только с внедрением новых ИКТ или сетей Интернет, но и подключением к образованию всех органов чувств обучающегося, используя для этого возможности конвергированных NBIC-технологий. Такой подход значительно повысит эффективность системы образования Европы в XXI в.

Широкое использование конвергентных технологий, в первую очередь связанных с ИКТ, потребует от правительств, как считают европейские эксперты, принятия новых форм развития европейского социума. Если еще 40–50 лет назад коммуникативные связи между людьми осуществлялись преимущественно на уровне соседских взаимоотношений, встреч с коллегами по работе, в местных клубах и т. д., то современные ИКТ, возможности транспорта и другие современные технологии изменили формы социализации, сделав их глобальными, а во многих случаях виртуальными, что кардинально меняет структуру и содержание социума. Вместе с тем, несмотря на расширение масштабов коммуникаций между людьми разных стран и континентов, чувство одиночества все больше распространяется среди жителей городов и окраин. Это зачастую приводит к взрывам недовольства, особенно среди молодежи (например, в Париже), росту криминализации молодежных групп. Современные коммуникации могут нарушать социальные и религиозные связи в традиционных обществах, например в Азии, что является одной из причин взрывов исламского фундаментализма. Поэтому, как считают европейские социологи, необходима национальная и международная политика, направленная на «гуманизацию технологий» и повышение уровня ее интерактивности, более тесного взаимодействия с внешним

миром в реальном времени. В частности, предлагается введение в определенную социальную среду «синтетических личностей», или «кибердрузей», т. е. специально запрограммированных социальных роботов с искусственным интеллектом, которые смягчали бы агрессивные проявления на уровне социализации молодежных и других групп населения²⁵. Другими словами, можно сказать, что речь идет о создании определенных технологических основ и «подпорок» в перспективном социуме, который сформируется в результате NBIC-революции в XXI в.

Вопросы искусственного интеллекта в ЕС довольно подробно рассматриваются в рамках Группы советников ЕС по технологиям информационного общества – ISTAG (Information Society Technology Advisory Group)²⁶. Насколько такой подход к изменению методов социализации населения, и прежде всего молодежных групп, будет эффективен, вызывает ряд вопросов. Тем не менее такая проблема в промышленно развитых странах уже существует. Не исключено, что это может ожидать и Россию по мере интенсификации развития ИКТ и конвергированных NBIC-технологий.

4.2. Инициатива ЕС «Будущие и зарождающиеся новые технологии»

В 2008 г. в ЕС был принят антикризисный Европейский план возрождения экономики. В нем намечены долгосрочные стратегические цели по поддержанию конкурентоспособности Европы и ее инновационной экосистемы в долгосрочном плане посредством увеличения инвестиций в высокорисковые исследования в стратегически важных областях информационно-коммуникационных технологий²⁷. В этом контексте была принята инициатива ЕС

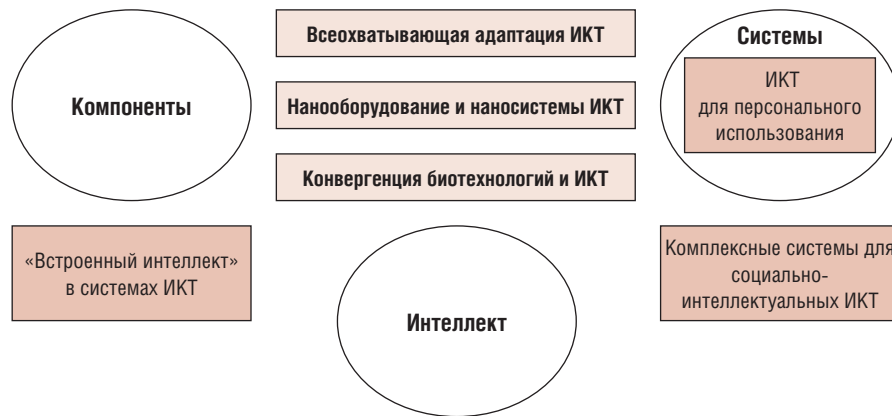


Рис. 7. Проактивная (упреждающая) инициатива FET Седьмой Рамочной программы ЕС

Источник: FET Proactive Initiatives. Overview 2007–2008. Results FP7 Call 1&Call 3. Future and Emerging Technologies Proactive. Seventh Framework Programme. Commission of the European Communities, Information Society and Media Directorate-General. Future and Emerging Technologies Proactive Unit, March 2009. P. 7.

«Будущие и зарождающиеся новые технологии», или так называемая инициатива FET-2 (Future and Emerging Technologies 2)²⁸.

Указанная инициатива создаст в перспективе, как считают эксперты ЕС, соответствующие возможности для инновационной деятельности. Было предложено, чтобы в Седьмой Рамочной программе – FP-7 долгосрочная стратегия стала составной частью реализации: 1) проектов тематических НИР в областях зарождающихся технологий – «проактивная или упреждающая инициатива FET» (рис. 7) и 2) «открытая инициатива FET», включающая свободные, не ограниченные какими-либо тематическими рамками исследования, в том числе обсуждение самых радикальных идей и предложений (например, спинтронная электроника)²⁹. Разработан график реализации проактивной (упреждающей) инициативы FET программы ЕС FP-7 в период 2007–2010 гг. (рис. 8).

В бюджете FP-7 на НИР в области ИКТ выделено более 9 млрд евро³⁰.

В целом инициатива FET – это комплекс НИР на междисциплинарной основе в сотрудничестве с учеными, инженерами и специалистами различных специальностей. Следует подчеркнуть, что к реализации инициативы FET-2 привлекаются выдающиеся ученые и лауреаты Нобелевской премии в различных дисциплинах. Это дает возможность отойти от традиционных подходов к обсуждению и разработке принципиально новых инновационных идей, включая формирование новых отраслей науки и промышленности, не оглядываясь на консервативные концепции и борцов с псевдонаукой. Это позволяет привлечь, как считает Европейская комиссия, самые лучшие умы Европы и мира.

Реализация инициативы FET стимулировала в ЕС такие НИР, как современные роботы, квантовые информационные технологии, проекты конвергенции биологии, нейронауки и ИКТ, нейронные имплантанты и т. д.³¹

Европейская комиссия намерена активно привлекать неевропейские фонды, на-

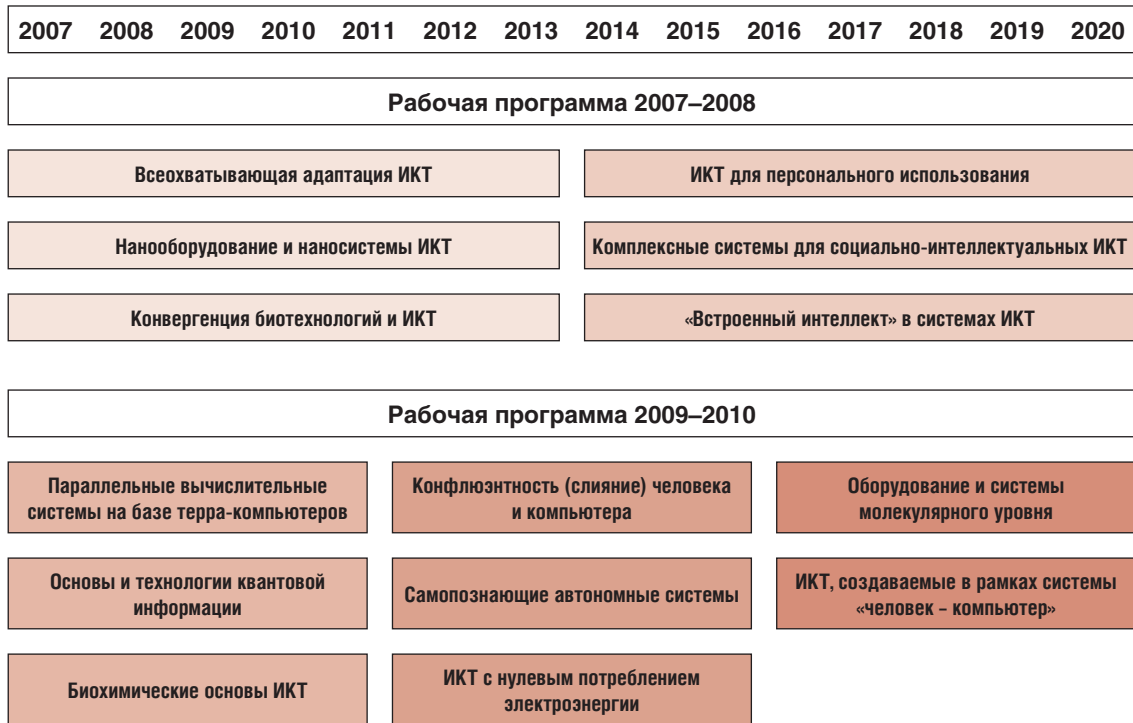


Рис. 8. График реализации проактивной (упреждающей) инициативы FET Седьмой Рамочной программы ЕС, 2007–2010 гг.

Источник: FET Proactive Initiatives. Overview 2007–2008. Results FP7 Call 1&Call 3. Future and Emerging Technologies Proactive. Seventh Framework Programme. Commission of the European Communities, Information Society and Media Directorate-General. Future and Emerging Technologies Proactive Unit, March 2009. P. 9.

пример США, Китая и России, по созданию и финансированию соответствующих альянсов, которые будут заниматься проектами НИР в рамках FET³².

4.3. Технологический форсайт ЕС на период 2015–2030 гг.³³

В 2004–2005 гг. в рамках ЕС был осуществлен проект технологического форсайта, охватывающий период 2015–2030 гг. и последующие годы. Результаты этого форсай-

та использовались при разработке инновационной политики стран ЕС, США и Японии³⁴. На основе вопросника, составленного по методологии Дельфи, в рамках данного исследования было проинтервьюировано 1300 экспертов из различных стран. В вопроснике был представлен список из 104 инновационных технологий, опубликованных в научной литературе. В результате анализа были выбраны 40 приоритетных, инновационных технологий и установлены четыре приоритетных области:

- нанотехнологии и новые материалы (11 технологий);

Таблица 10

**Форсайтские оценки развития приоритетных, инновационных технологий XXI в. в странах ЕС, США и Японии
в период 2015–2030 гг.**

Приоритетные технологии	2015	2020	2025	2030	После 2030
Реализация глобальной «логистической цепочки»	G	G/M	M	M	M
Программные технологии для трансфера цифровых данных	E/G	E/G	M	M	M
Технологии более эффективного энергопотребления	E	G	M	M	M
Видеосенсоры	E	G	M	M	M
Мобильные коммуникации (четвертое поколение мобильных телефонов)	E	G	M	M	M
Современные технологии для виртуальной реальности	E	G	G	M	M
Современные технологии сбора данных и системы хранения информации высокой производительности	E	G	G	M	
Ультратонкие функциональные покрытия	E	G	G	M	M
Биоактивные материалы и покрытия	E	E	G	M	M
Применение стволовых клеток для лечения различных заболеваний человека	E	E/G	G	M	M
«Умные материалы»	E	E	G	M	M
Недорогие высокоэффективные фотоэлементы для солнечных батарей	E	G	G	M	M
Новые технологии для топливных элементов	E	G	G	M	M
Биотопливо	E	G	G	M	M
Новые технологии сохранения энергии	E	G	G	M	M
Технологии поглощения и хранения CO ₂	E	G	G	M	M
Новые технологии очистки воздуха и воды	E	G	G	M	M
Активные упаковочные материалы	E	G	G/M	M	M
Тканевая инженерия	E	G	G	M	M
Технологии производства персонализированных лекарственных препаратов и лечения	E	G	G	M	M
Диагностическая техника и «ремонт» человеческих органов	E	G	G	M	M
Биогенетические материалы	E	E	G	M	M
Геномы человека и протеомика	E	E	E/G	M	M
Технологии применения встроенных одиночных чипов	E	E	E/G	M	M
Широкополосные сети	E	E/G	G/M	M	M
Хирургия на основе компьютерных технологий	E/G	G	G	M	M
Протеиновый инжиниринг	E	G	G	M	M
Проектирование структур с интеллектуальным поведением и ответными реакциями	E	E/G	G	M	M
Логистические цепочки, основанные на повсеместном использовании радиочастотных идентификаторов (RFIDs)	E	E	E	M	M
Возобновляемые материалы и пригодные для повторного использования	E	G	G	G	M
Многоцелевые интеллектуальные и мобильные роботы	E	G	G	G	M
Технологии широкомасштабного анализа ДНК	E	E	G	G	M
Новые инструменты для проведения диагностики на живом организме (in-vivo)	E	E	E	G/M	M
Нанокompозитные материалы и нанометрические усиления материалов в электронике, химии, медицине и пр.	E	E	E	G	M
Полное моделирование при осуществлении трансформации материалов и интеграции в базах данных – «Виртуальная химия»	E	E	G	G/M	M
Клеточная терапия	E	E	E	G	G/M

(продолжение)

Приоритетные технологии	2015	2020	2025	2030	После 2030
Использование нанотехнологий и наночастиц в терапии	E	E	E	E	E
Микросенсоры и наносенсоры	E	E	E	E	E
Биочипы	E	E	E	E	E
Термоядерная энергия	E	E	E	E	E
Искусственные «интеллектуальные конечности» человека	E	E	E	E	E

Примечание. E – ожидаемые (разрабатываемые) технологии; G – технологии, находящиеся в стадии роста; M – окончательно разработанные технологии, используемые для производства товарной продукции и ее коммерциализации. Срок окончательной разработки технологии охватывает 10–15 лет; ожидаемые сроки коммерческого использования – до 15 лет.

Источник: Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan, Directorate-General for Research/Directorate K–Social sciences and humanities, Foresight/Unit K2 – Scientific and technological foresight. March 2006. P. 14–15.

- технологии информационного общества (12 технологий);
- технологии наук о жизни, геномика и биотехнологии (8 технологий);
- технологии устойчивого развития, глобальное изменение климата и экосистемы (9 технологий).

В табл. 10 представлены этапы и ожидаемые сроки создания приоритетных, инновационных технологий, определенные на основе методологии фортсайта.

⁵ Ibid. P. 67–68.

⁶ Ibid. P. 69.

⁷ Ibid. P. 71.

⁸ Ibid. P. 73.

⁹ Ibid. P. 75–76.

¹⁰ http://cordis.europa.eu/foresight/ntw_expert_group.htm; см. материалы конференций: http://cordis.europa.eu/foresight/ntw_conf2004.htm

¹¹ Campañó R. (ed), van Lieshout M., Enzig Ch. et al. Converging Applications enabling the Information Society – Trends and Prospects of the Convergence of ICT with Cognitive Science, Biotechnology, Nanotechnology and Material Sciences. European Union, Netherlands, Germany, Spain. 2006. – <http://www.jrc.es>

¹² Converging Technologies in the 21st Century: Heaven, Hell or Down to Earth? European Parliament's Scientific Technology Options Assessment panel.

¹³ Луддиты – движение английских рабочих текстильных мануфактур против промышленной революции, в частности против использования машин в текстильной промышленности.

¹⁴ Beckert B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Appendix C. The Ontological Politics of Convergence.

¹ Термин «когнитивная наука» стал широко использоваться в конце 1960-х гг.

² Beckert B., Blümel C., Friedewald M., Thielmann A. Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities. Appendix C. The Ontological Politics of Convergence. Authors: Steeve Woolgar, Christopher Coenen, Elena Simakova Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities (CONTECS). Deliverable D3.1 – Part B/April 2008. P. 19–51.

³ Ibid. P. 62.

⁴ Ibid. P. 66.

Authors: Steeve Woolgar, Christopher Coenen, Elena Simakova *Converging technologies and their impact on the social sciences and humanities (CONTECS)*. Deliverable D3.1 – Part B/April 2008. P. 11.

¹⁵ Sharpe B. *Applications and Impact*. Paper for the UK Foresight Cognitive Systems Project, 2003.

¹⁶ <http://www.foresight.gov.uk>

¹⁷ Nationales Netzwerk “Computational Neuroscience”, August 2003; BMBF – Förderung “Innovative Facilities”, August 2006. <http://www.bmbf.de>; <http://www.bernstein-zentren.de/de/77.php>; <http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/1340.php>

¹⁸ Dupuy J. P., Roure F. *Les Nanotechnologies: Ethique et Prospective Industrielle / Conseil General des Mines, Conseil General des Technologies de l’information*. Novembre 2004.

¹⁹ http://ec.europa.eu/european_group_ethics/avis/index_en.htm

²⁰ http://www.meetingmindseurope.org/europe_default_site.aspx?SGREF=15&CREF=5229

²¹ *Converging Technologies and the Natural, Social and Cultural World: Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on Foresighting the New Technology Wave / Rapporteur and Editor: W. Bibel. Members: D. Andler, O. da Costa, G. Kiippers, I. D. Pearson*. 26 July 2004. P. 2.

²² Ibid. P. 6.

²³ Ibid. P. 8.

²⁴ Ibid. P. 11.

²⁵ Ibid. P. 13.

²⁶ ISTAG Report “New Business Sectors in Information and Communication Technologies” / The Con-

tent Sector as a case study, Final Version. September 2007.

²⁷ A European Economic Recovery Plan. COM(2008) 800.

²⁸ Первая программа FET в области ИКТ была начата в 1989 г.

²⁹ ICT Results. Spintronic – the New electronic? / European Commission, Information Society and Media, 2009.

³⁰ ICT Research, New Perspective. ICT and Future and Emerging Technologies. Embracing Revolution / European Commission, Information Society and Media, 2008.

³¹ Moving the ICT frontiers – a strategy for research on future and emerging technologies in Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. 2009.

³² Ibid. P. 14.

³³ Technology Foresight in a Rapidly Globalizing Economy – Ben R. Martin, SPRU – Science and Technology Policy Research. University of Sussex. 2001.

³⁴ Исследование было осуществлено научным консорциумом CM International, куда вошли Междисциплинарный центр по технологическому анализу и прогнозам – ИСТАФ (Израиль), Центр технических исследований – VTT (Финляндия) и Z punkt (Германия). Подрядчиками консорциума для проведения технологического форсайта в США и Японии соответственно выступили Университет в Северной Каролине и Институт промышленных обменов (Токио).

5. Программы и проекты NBIC-технологий в Японии

Среди азиатских стран, пожалуй, только Япония имеет четкую стратегию и программы НИР в области конвергенции NBIC-технологий, включая социально-экономическую составляющую технологической конвергенции и синергии. Некоторые азиатские страны, такие как Сингапур, Южная Корея, Индия и Китай, пока имеют отдельные программы НИР по нанотехнологиям, биотехнологиям и ИКТ, не включающие финансирование исследований, связанных с социальными и морально-этическими проблемами. Однако, по оценкам экспертов RAND Corp., Китай и Индия предоставляют значительные финансовые ресурсы для базовых исследований в области NBIC-технологий, что в перспективе даст им возможность занять передовые позиции в мировой конкуренции в этой сфере.

В 2005 г. в Японии принята 8-я Национальная программа научно-технологического форсайта, в которую были включены исследования в области наук о жизни, ИКТ, нанотехнологий и социальных технологий. Реализует эту программу Национальный институт научно-технологической политики NISTEP и Научно-технологический центр форсайта Министерства образования, культуры, спорта, науки и технологий (МEXT). Тема

тика исследований охватывает: 1) интерфейс «мозг человека – машина (компьютер)», 2) молекулярные механизмы формирования нейронных сетей, 3) действие нейронных сетей во время сна, 4) искусственные протезы с использованием сенсоров и механизмов контроля, 5) использование нанонаук для создания систем безопасности и др.

Надо отметить, что наибольший акцент в указанной программе сделан на исследование мозга человека, следуя тенденциям развития когнитивных наук и технологий в США и Европе. В настоящее время Япония занимает передовые позиции в мире по нанобиологии. Кроме того, она включилась в исследования социальных технологий, культурных и других последствий развития в перспективе когнитивных технологий и их воздействия на мозг человека.

Учитывая длительный опыт Японии в разработке роботов, эта страна, по-видимому, займет ведущие позиции в применении конвергированных NBIC-технологий в роботостроении. Следует отметить, что в политике и стратегии НИР в области NBIC-технологий Япония делает акцент на когнитивные науки и технологии, что предполагается использовать при создании человекоподобных роботов, в частности для медицинских целей.

6. Общество и экономика знаний – стимуляторы развития инновационной цивилизации XXI в.

Как представляется, инновационное развитие мировой науки и технологий, экономики и социальной сферы, промышленности и сферы услуг в среднесрочной и долгосрочной перспективе, особенно в период 2020–2030 гг., охватит практически все стороны жизни населения Земли. В это время произойдет формирование конструкции будущей «инновационной цивилизации XXI в.», для которой станет характерной конвергенция и синергия высоких технологий. На основе анализа глобальных тенденций и прогнозов американских и европейских ученых и экспертов, приведенного в данном обзоре, наиболее перспективным, прорывным научно-технологическим направлением инновационного развития в XXI в. станет конвергенция и синергия NBIC-технологий. В результате мировая цивилизация приобретет такие инновационные параметры развития, которые окажут как позитивное, так и негативное влияние на культуру, экономику, социум, различные институты, промышленность, а также мышление и психологию человека.

Полагаем, что научно-технологический, промышленный и культурный потенциал стран G-8, а в перспективе и G-20 станет к 2020–2030 гг. основополагающим драйвером, центром или «многополюсным инновационным ядром» глобального мирового инновационного развития. В конечном итоге он окажет существенное воздействие на формирование инновационно-технологической цивилизации XXI в. Представляется, что России необходимо будет предпринять беспре-

цедентные усилия для того, чтобы занять в этом «многополюсном инновационном ядре», инновационной экономике или экономике знаний одно из ведущих положений. В противном случае Россия будет выдвинута из этого центра на периферию мирового инновационного развития и развития инновационной цивилизации XXI в., учитывая «инновационное давление», которое будут оказывать Китай, Индия, другие страны Юго-Восточной Азии, а также Бразилия и Аргентина. В этом контексте приведем некоторые оценочные данные.

Всемирным банком для сравнения развития экономики знаний, или инновационной экономики, разработан индекс экономики знаний KEI (Knowledge Economy Index). Он показывает потенциал стран и их возможности для адаптации, генерирования, диффузии и «захвата» знаний при производстве инновационной продукции в процессе экономического развития, что является базисом инновационной экономики, так как знания – важнейший фактор инноваций, что имеет прямое отношение к развитию NBIC-технологий.

Принятый Всемирным банком индекс KEI представляет собой среднюю величину оценки потенциала общества и экономики знания, основанную на показателях развития ИКТ, инноваций, образования, экономических стимулов и институциональных режимов. Как видно из определения, KEI охватывает лишь одну из группы NBIC-технологий, хотя и очень важную, а именно ИКТ. В соответствии с индексом KEI страны ранжируются по показателям их оценки со значением от 0 до 10 баллов.

Таблица 11

Значения индексов KEI и KI общества знаний и инноваций, включая индекс ИКТ

Место (ранг)	Страна	KEI	KI	Индекс экономического и институционального режима	Индекс инноваций	Индекс образования	Индекс ИКТ
1	Дания	9,52	9,49	9,61	9,49	9,78	9,21
2	Швеция	9,51	9,57	9,33	9,76	9,29	9,66
3	Финляндия	9,37	9,39	9,31	9,67	9,77	9,73
4	Нидерланды	9,35	9,39	9,22	9,45	9,21	9,52
5	Норвегия	9,31	9,25	9,47	9,06	9,60	9,10
6	Канада	9,17	9,08	9,45	9,44	9,26	8,54
7	Великобритания	9,10	9,06	9,24	9,24	8,49	9,45
8	Ирландия	9,05	8,98	9,26	9,08	9,14	8,71
9	США	9,02	9,02	9,04	9,47	8,74	8,83
10	Швейцария	9,01	9,09	8,79	9,90	7,68	9,68
12	Германия	8,96	8,92	9,06	8,94	8,36	9,47
20	Япония	8,42	8,63	7,81	9,22	8,67	8,00
22	Франция	8,40	8,64	7,67	8,66	9,02	8,26
26	Израиль	8,01	7,93	8,24	9,40	6,86	7,54
30	Италия	7,79	8,18	6,62	8,00	7,96	8,59
54	Бразилия	5,66	6,11	4,31	6,19	6,02	6,13
59	Аргентина	5,57	6,50	2,78	6,89	6,64	5,96
60	Россия	5,55	6,82	1,76	6,88	7,19	6,38
67	Мексика	5,33	5,42	5,06	5,82	4,88	5,56
81	Китай	4,47	4,66	3,90	5,44	4,20	4,33

Источник: World Bank, KEI and KI Indexes. http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp

Кроме того, Всемирный банк ввел и индекс знания KI (Knowledge Index), который также строится на системе показателей.

Первые три места по ранжированию Всемирного банка занимают Дания, Швеция и Финляндия. Страны G-8, например, распределились следующим образом: Канада – 6-е место, Великобритания – 7-е, США – 9-е, Германия – 12-е, Япония – 20-е, Франция – 22-е, Италия – 30-е и Россия – 60-е. Китай занимает лишь 81-е место. Кроме того, для определения уровня развития экономики знаний введен также индекс применения информационно-коммуникационных технологий – ИКТ (табл. 11).

В качестве иллюстрации и для сравнения приведем рис. 9. В настоящее время добавленная стоимость на глобальном рынке компьютеров и офисного обо-

рудования составляет довольно значительную величину в общем объеме добавленной стоимости в рамках группы NBIC-технологий. Из рис. 9 видно, что Китай сделал колоссальный рывок, увеличив свою долю в глобальной добавленной стоимости ИКТ с 3,82% в 2000 г. до 39,01% в 2007 г. США снизили свою долю с 22,75% в 1995 г. до 15,23% в 2007 г. Доля России, по некоторым оценкам, составляет менее 1%.

Если сравнивать объем глобального экспорта высокотехнологичных товаров, произведенных с применением ИКТ, по странам и регионам, то он также будет не в пользу России. Значительных успехов за последние 7-8 лет по этому показателю добился Китай. Доля его высокотехнологичных товаров на базе ИКТ в общем, глобальном экспорте высокотехнологичной продукции поднялась с 8,4% в 2000 г.

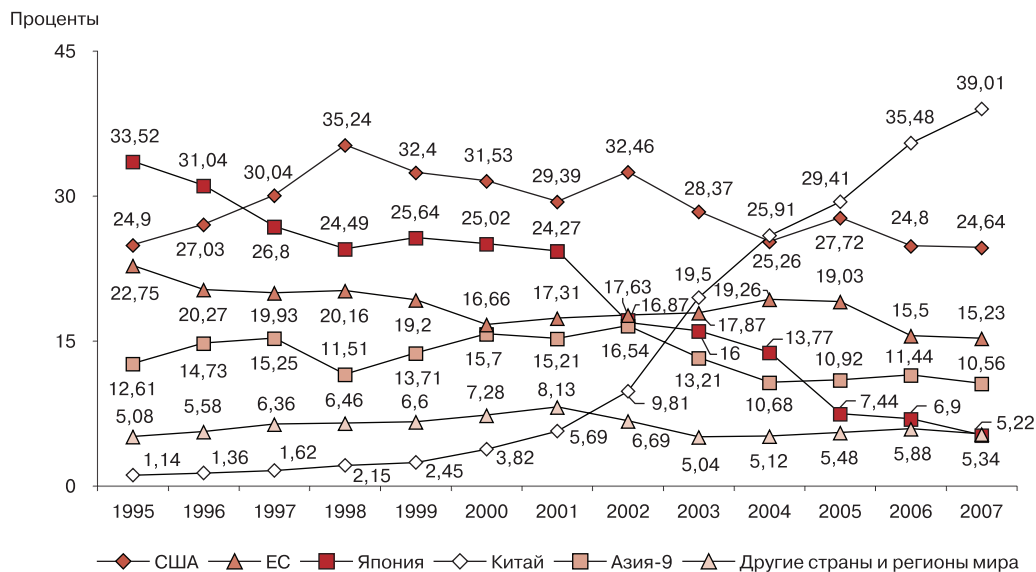
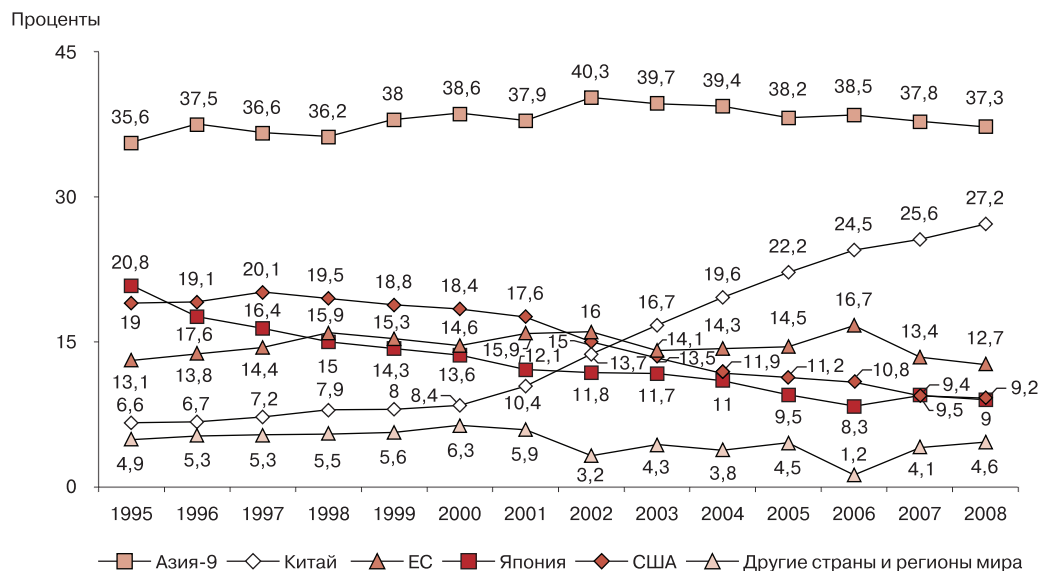


Рис. 9. Доля добавленной стоимости на глобальном рынке компьютеров и офисного оборудования по странам и регионам

Источник: IHS Global Insight, World Industry Service database, special tabulations. U.S. Science and Engineering Indicators 2010, NSF, Text box 3, Figure 0-28.



Примечание. Товары на базе ИКТ, включая компьютеры, коммуникационное оборудование и полупроводники. Китай включает Гонконг. ЕС без Кипра, Эстонии, Латвии, Литвы, Люксембурга, Мальты и Словении.

Рис. 10. Доля глобального экспорта высокотехнологичных товаров на базе ИКТ от общего объема экспорта высокотехнологичной продукции по странам и регионам

Источник: IHS Global Insight, World Trade Service database, special tabulations. U.S. Science and Engineering Indicators 2010, NSF, Figure 0-31.

до 27,2% в 2008 г. (рис. 10). Для России эти данные отсутствуют, но ее доля, видимо, также составляет менее 1%.

В этом контексте особо следует отметить Китай и некоторые другие страны ЮВА, которые вырываются вперед в сфере высоких технологий, например в ИКТ. Такая ситуация может привести к размыванию границ упомянутого глобального «многополюсного инновационного ядра» стран G-8, что изменит в определенной степени мировой порядок, так как именно инновационные, высокие технологии будут определять в XXI в. лидерство стран в мировой экономике, политике и цивилизационном развитии человечества. Правда, пока еще лидирующая позиция в инновационном развитии остается за странами G-8 в сфере нанотехнологий, биотехнологий, ИКТ и когнитивных наук.

Анализ глобальных тенденций и прогнозы ЕС и США показывают, что в настоящий момент некоторые конвергированные технологии из группы NBIC-технологий находятся еще на эмбриональной стадии развития, но в перспективе до 2030 г. именно эти технологии должны в XXI в. занять лидирующее положение в глобальной инновационной экономике и стать приоритетом социально-экономического и цивилизационного развития стран G-8, а также некоторых стран Азии. Конвергенция и синергия NBIC-технологий приведут, как счи-

тают некоторые аналитики, к формированию новых элементов экономики – наноэкономики, биоэкономики, информационной экономики, когномики (экономики, использующей когнитивные технологии), а также к новым формам общественного развития, изменению культуры, ценностных установок в обществе, новой социальной психологии общественного развития, новым морально-этическим нормам, появлению проблем культурного и религиозного характера, что уже и происходит в настоящее время. Синергия NBIC-технологий прямо или косвенно будет оказывать воздействие на «инновационную психологию» людей и их готовность разрабатывать инновационную продукцию, создавать спрос на нее на местных и глобальных рынках. NBIC-технологии повлияют на трансформацию мышления людей, что может повлечь за собой изменение самого содержания и структуры современной цивилизации или приведет к переходу от постиндустриального к постчеловеческому обществу. Кроме того, NBIC-технологии приведут к разработке и появлению новейшего вооружения. Это может повлечь за собой изменение глобальной системы безопасности, формируемой в рамках ООН и других международных организаций, что потребует от стран G-8 разработки новых подходов во внешней политике на многостороннем уровне, о чем уже упоминалось выше.

Заключение

Исходя из приведенного выше анализа глобальных тенденций развития прорывных высоких NBIC-технологий XXI в., а также начала работ по созданию центра инноваций в Сколково в соответствии с решениями Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России при Президенте РФ, считали бы возможным сделать следующие предложения.

1. Рассмотреть целесообразность ориентации центра инноваций в Сколково (или другого подобного центра) на интеграцию НИР с последующей коммерциализацией результатов исследований в области конвергенции и синергии NBIC-технологий. Можно было бы создавать этот центр как инновационный центр конвергенции и синергии NBIC-технологий. Учитывая, что это направление научно-технологического развития XXI в. является во многом еще новым для многих промышленно развитых стран, а также высокоинвестиционным, Россия могла бы проявить здесь инициативу, создав такой центр. Деятельность центра, вероятно, представила бы интерес для зарубежных ученых и специалистов, принимая во внимание уровень фундаментальных исследований в этих областях в России, а также то, что он может стать первым международным центром NBIC-технологий. Этот центр должен иметь как сдарт-апы при создании соответствующих НИИ в Сколково или другом центре инноваций, так и прямые связи с российскими и зарубежными промышленными фирмами.

2. Целесообразно создать в рамках научной инфраструктуры «Сколково» научно-исследовательский центр или институт

(например, подведомственный Минобрнауки России), который занимался бы анализом мировых тенденций, стратегий и политики зарубежных стран в области высоких технологий, в частности разработки и использования NBIC-технологий, а также технологическим форсайтом в этой сфере. По нашему мнению, он должен быть аналитическим центром как для государственных органов, разрабатывающих государственные инновационные стратегии, так и бизнеса, разрабатывающего глобальные бизнес-планы, а также служить информационным материалом для глобального маркетинга бизнеса на доконкурентной стадии коммерциализации технологий, не нарушая при этом соответствующие «правила игры» ВТО.

Такие институты (институты бенчмаркинга) созданы в некоторых промышленно развитых странах, например США и Японии. Так, в США недавно создан Центр оценки мировых технологий WTEC Inc. (World Technology Evaluation Center Inc.), представляющий собой некоммерческий научно-исследовательский институт. Он осуществляет сравнительную оценку передовых НИР и результатов их коммерциализации (технологический бенчмаркинг), относящихся к высоким технологиям. Будучи некоммерческой организацией, WTEC Inc. получает соответствующую государственную поддержку от NSF и других государственных органов и агентств. Основная функция WTEC – подготовка информационно-аналитических материалов для научного сообщества США, инженеров и органов исполнительной власти в области глобальных научно-

технологических тенденций, инновационного развития и технологических прогнозов перспективных технологий. Оценки WTEC охватывают как базовые, так и прикладные исследования.

Институт научно-технологической политики NISTEP, созданный в рамках Министерства образования, культуры, спорта, науки и технологий Японии, в частности, занимается технологическим форсайтом и издает соответствующие обзоры и доклады по существующим и перспективным инновационным технологиям, разрабатываемым и осуществляемым в мировой практике.

3. В целях подготовки национальных и международных кадров высокой квалификации в области коммерциализации конвергированных NBIC-технологий и управления синергетическими социально-экономическими, культурными, международно-правовыми и другими эффектами применения этих технологий считали бы целесообразным рассмотреть вопрос о создании в «Сколково» или другом инновационном центре специального учебного заведения – Международной академии междисциплинарного инновационного менеджмента стран G-8 или G-20. Подготовка таких кадров мирового уровня должна осуществляться как для правительств, так и бизнеса. Эти кадры должны быть способны руководить национальной и глобальной инновационной экономи-

кой, оперировать инновационными механизмами международного государственно-частного партнерства, учитывая при этом соответствующие векторы развития инновационной цивилизации XXI в., прежде всего вектора развития NBIC-технологий.

Представляется, что в международную академию смогут поступить граждане из всех стран G-8 или G-20, уже имеющие опыт работы в системах государственного управления инновациями и инновационного бизнеса. Академия должна управляться советом стран G-8 или G-20, финансироваться за их счет, формировать профессорско-преподавательский состав из представителей этих стран и вести обучение на языках данных стран.

Международная академия должна стать инкубатором инновационных управленческих идей цивилизации XXI в. и местом сосредоточения мировой интеллектуальной, управленческой и бизнес-элиты.

4. В случае принятия идеи об ориентации деятельности центра инноваций в Сколково на NBIC-технологии как интегральный вектор развития центра можно было бы уже сейчас в период строительства центра привлечь к нему внимание мирового научного сообщества и бизнеса посредством проведения международной конференции стран G-8 или G-20 на тему: «Инновационная цивилизация XXI в.: конвергенция и синергия NBIC-технологий к 2020–2030 гг.».

Содержание

Предисловие	3
Введение	14
1. Глобальные тенденции и прогнозы	21
2. Конвергенция и синергия NBIC-технологий. Когнитивные науки и технологии	27
3. Перспективные программы и проекты в США и Канаде.....	37
3.1. RAND Corp. о перспективах развития NBIC-технологий до 2015 г.	38
3.2. RAND Corp. о перспективах развития NBIC-технологий до 2020 г.	48
3.3. Национальный научный фонд США: оценки перспектив технологической конвергенции	55
3.4. Агентство по перспективным оборонным научно- исследовательским проектам США (DARPA): программы технологической конвергенции.....	58
3.5. Глобальные технологические прогнозы в США	62
3.6. Проекты форсайта и технологической конвергенции в Канаде	63
4. Перспективные проекты и программы в ЕС.....	67
4.1. Будущее развитие NBIC-технологий.....	67
4.2. Инициатива ЕС «Будущие и зарождающиеся новые технологии»	75
4.3. Технологический форсайт ЕС на период 2015–2030 гг.	77
5. Программы и проекты NBIC-технологий в Японии.....	81
6. Общество и экономика знаний – стимуляторы развития инновационной цивилизации XXI в.	82
Заключение.....	86

Информационно-аналитический бюллетень № 3

Редактор *О.Е. Осипова*

Художник *А.А. Крюкова*

Верстка: *В.Г. Паршина*

Отпечатано в ЦИИИ.

ISSN 1819-2858

Подписано в печать 28.06.2010. Формат 84х108/16. Усл. печ. л. 11. Тираж 250 экз. Заказ 292.

Адрес редакции: 115446, Москва, ул. Академика Миллионщикова, 20.

Телефон: (495) 651-9912. Факс: (495) 651-9913. E-mail: post@csrs.ru <http://www.csrs.ru>