

NBIC-технологии и направления их развития в США



А.В. Фролов

к. э. н., доцент кафедры мировой экономики экономического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова
vamik@inbox.ru, frolov@econ.msu.ru

Определяется роль радикальных инноваций как основы дальнейшего развития национальной инновационной системы США. Показана роль государственно-частного партнерства в активизации NBIC-инноваций (нано, био, новых информационных и когнитивных технологий, новой энергетики) и форм их конвергенции. Выделены такие направления активизации развития радикальных инноваций в США как NBIC-Инициативы, STEM-образование, создание Национальной Сети инновационных институтов (Биоэкономики и аддитивных технологий).

Ключевые слова: радикальные инновации, NBIC-революция, конвергенция NBIC-технологий, инновационные инициативы правительства США.

В числе факторов, определяющих современное развитие мировой экономики и экономики США, в частности, называются: экономический кризис 2008–09 гг., инновационный кризис, реформирование национальных инновационных систем (НИС). Как анализировать эти процессы, объяснить логику их взаимосвязи?

Из всего многообразия подходов к анализу кризисных и после кризисных процессов в мировой экономике особого внимания заслуживает теория длинных циклов конъюнктуры Н.Д. Кондратьева и последующие ее разработки в рамках «технологической» теории экономического развития, сторонниками которой были Й. Шумпетер, Г. Менш, С. Кузнец, К. Фримен, П. Ромер, Д. Ютти и др. [1].

Существенным вкладом в развитие инновационной теории можно считать разработку российскими экономистами концепции технологических укладов как группы технологических совокупностей, функционирующих на основе сходных научно-технических принципов. Понятие технологического уклада введено в научный оборот С.Ю. Глазьевым [2].

Смена циклов определяется в экономической литературе по-разному: как смена технологических укладов, как смена технологических парадигм (систем) — К. Фримен, как переход от одного технологического патта к другому (Г. Менш) или от одной инновационной паузы к другой (В. Полтерович).

На основе теории длинных конъюнктурных волн Й. Шумпетер обосновал возможность вывода производственной системы из кризиса, связанную не с ростом масштабов деятельности, с сокращением издержек или ростом цены на прежнюю продукцию, а с изменением в хозяйственном процессе за счет создания и внедрения инноваций. Й. Шумпетер рассматривал инновацию именно как средство преодоления экономических кризисов.

Но первопричиной поворотных точек в долгосрочном развитии, служат не просто инновации, а ра-

дикальные инновации, которые являются основным критерием формирования приоритетных направлений технологического развития, и которые в конечном итоге определяют направленность структурных сдвигов и экономический подъем.

Основываясь на выводах этих теорий, многие экономисты сходятся во мнении, что особенностью кризиса 2008–09 гг. в США является наложение экономического и инновационного кризисов, вызванных необходимостью **смены технологических укладов (ТУ) [3], и требующих как масштабной структурной перестройки экономики в целом, так и реформирования национальной инновационной системы США.**

Установившийся технологический уровень производства постепенно исчерпывает себя и на определенном этапе требует радикальных нововведений (на понижательной волне больших К-циклов), что становится «спусковым крючком» для формирования «кластеров базисных инноваций», которые, в свою очередь, формируют новый «технологический уклад» общественного производства.

В исследованиях ведущих специалистов утверждается, что доминирующий в структуре экономики наиболее развитых стран пятый ТУ близок к пределам своего роста, завершающей фазе своего жизненного цикла, и в основном исчерпал свои возможности как опоры экономического роста. При этом одновременно формируется воспроизводственная система новейшего, шестого ТУ, становление и рост которого будет определять глобальное экономическое развитие в ближайшие три-четыре десятилетия. В результате, выдвигаются разнообразные подходы, в том числе и упомянутая выше гипотеза об инновационной паузе, которые объясняют основные причины, особенности и механизмы нынешнего кризиса и позволяют наметить контуры стратегии перехода на новую длинную волну экономического роста [4].

Основной вывод, к которому приходят исследователи, заключается в том, что предпосылкой выхо-

да из кризиса является масштабное генерирование, внедрение и коммерциализация технологических нововведений (радикальных технологий, технологий широкого применения, базисных технологий или фундаментальных инноваций) ядра шестого ТУ и формирование на данной основе воспроизводственного контура нового технологического уклада в мировой экономике. Такие нововведения применимы во многих секторах экономики, способны сочетаться с другими технологиями, существенно повышая их эффективность, принципиально меняют технологическую структуру и воспроизводственные возможности экономики, препятствуя убыванию отдачи факторов производства и тем самым поддерживая экономический рост.

Понятие «радикальные инновации» не является однозначным в современной экономической литературе, кроме него используются самые разные понятия для характеристики инноваций, определяющих смену ТУ: технологии широкого применения (ТШП), радикальные, базисные и революционные инновации, прорывные инновации, ключевые и фундаментальные инновации, подрывные и подлинные инновации, знаковые и инновации новой волны.

Й. Шумпетер показал, что в ходе динамического процесса инновации продвигают экономическое развитие, в котором новые технологии заменяют старые, назвав этот процесс «творческим разрушением». Он использовал термины «радикальные» и «инкрементальные» инновации. С точки зрения Шумпетера, **радикальные** инновации порождают масштабные революционные изменения, тогда как улучшающие, **инкрементальные** инновации постепенно продвигают вперед процесс изменений [5]. Й. Шумпетер придерживался точки зрения, что радикальные инновации определяют новое качество технологического фундамента системы и генерируют импульсы структурных изменений всей модели общественного развития.

В 1990-х гг. американские ученые из Массачусетского технологического института (MIT) и Harvard University развили и обогатили понятия инкрементальных и радикальных инноваций концепцией так называемых «архитектурных» и «модулированных» инноваций. Они пришли к выводу, что существуют более разнообразные и неоднозначные комбинации элементов технологий (архитектуры), измененных (или

неизменных) элементов этой архитектуры, которые в реальности очень существенно влияют на конкурентоспособность компаний и целых отраслей. Ниже приводится предложенная ими модель (схема 1).

Если придерживаться данного подхода, то выход из кризиса 2008–09 гг. связан с радикальными инновациями. Как видно из схемы, они наиболее кардинально обновляют как сами элементы технологий, так и связи между этими элементами в рамках системы технологических концепций (то есть максимально революционны и «деструктивны» по всем параметрам данной матрицы). Все остальные виды инноваций лишь позволяют выживать в условиях завершения уходящего в прошлое технологического уклада. Для отдельных корпораций и это немало, ведь новых, более перспективных форм бизнеса пока нет. Разумеется, только архитектурные и/или модулированные инновации в условиях смены ТУ не смогут обеспечить всей экономике стабильного роста должного масштаба.

Каждое из вышеперечисленных понятий инноваций по-своему удачно обращает внимание на фактически одно явление — смену технологических укладов или экономических циклов, глубину вносимых изменений в экономическую систему. Поэтому могут рассматриваться как однотипные, взаимозаменяющие понятия.

Часто применяемые термины «**подрывные**», «**прорывные**» инновации выделяются по иному критерию. Эти понятия характеризуют степень экономической выгоды от радикальности инновационных продуктов на рынке. Такой подход важен для корпораций, отдельных отраслей, а также для государственных органов США, отвечающих за стимулирование производства наукоемкой продукции, ее экспорта и поддержания глобальной конкурентоспособности экономики США.

С этих позиций, появление на рынке революционных инноваций сильно отличается от внесения текущих изменений. Конечно, постоянные улучшения продукта необходимы, но такие незначительные (тюнинговые) изменения не обеспечивают завоевания новых рынков. Не гарантируют они и выживания компаний и отраслей. В книге 1997 г. «Дилемма инноватора» (The Innovator's Dilemma) американский экономист К. Кристенсен выделяет «**поддерживаю-**

Ключевые концепции технологий

Связи между ключевыми технологическими концепциями и компонентами	Ключевые концепции технологий	
	Усиленные	Перестроенные
Неизменные	Инкрементальные инновации	Модулированные (измененные) инновации
Измененные	Архитектурные инновации	Радикальные инновации

Схема 1. Модель Хендерсона—Кларка

Источник: Henderson R.M., Clark K.B. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms [6].

щие» технологии, которые улучшают существующий продукт, и **«подрывные»** технологии, которые поначалу характеризуются худшей отдачей. С его точки зрения даже наиболее сложные поддерживающие технологии редко увеличивают конкурентоспособность компании на рынке. Смена лидеров в какой-нибудь области промышленности происходит тогда, когда, подчас, никому не известная компания поставляет на рынок принципиально новую «подрывную» технологию [7].

В книге 2003 г. «Инновационные решения» («The Innovator's Solution»), К.Кристенсен продолжил развитие своей теории, но переформулировал центральную концепцию подрывных **технологий** в концепцию подрывных **инноваций**, чтобы отразить тот факт, что не технологии сами по себе, а их применение оказывает подрывное воздействие [8].

Помимо того, что они вытесняют с рынка уже существующие продукты, «подрывные» технологии обладают свойствами, которые привлекают множество новых клиентов: они обычно дешевле, проще в использовании и поэтому популярнее. Транзистор был такой «подрывной» технологией для индустрии вакуумных трубок в 50-х годах, а американская организация охраны здоровья вытеснила с рынка американскую же компанию, занимавшуюся медицинским страхованием в 90-х. Самой же подрывной технологией, без сомнения, является персональный компьютер. Рассматривавшийся вначале лишь как игрушка, он легко захватил рынок, потеснив даже позиции самой ИВМ. В самое ближайшее время ожидаются промышленные инновации в области роботостроения и космических технологий.

Термины подрывные и поддерживающие инновации, в силу иного критерия их выделения, характеризуют смену технологических укладов или экономических циклов, глубину вносимых изменений в экономическую систему лишь частично. И в данном случае не могут рассматриваться как системно обобщающие категории.

Из всего списка терминов и комбинаций их соединения при описании экономических кризисов и НИС, выработке инновационной политики США наиболее удачным является **понятие радикальных инноваций**. Этот термин помогает усилить акценты и лучше подчеркнуть смысл процессов, которые он характеризует. Он помогает:

- более содержательно подчеркнуть, что кардинально новые инновации возникают как реакция на спад экономики, исчерпавшей технологические возможности предыдущей парадигмы инноваций;
- более определенно указать на смену всего технологического уклада, призванного в итоге привести к новой длительной восходящей волне экономического роста;
- всесторонне подчеркнуть неизбежную потребность в революционных технологических и соответствующих революционных рыночных из-

менениях, создании новых рынков и отраслей, развитии новых кластеров инноваций;

- лучше отметить фундаментальные отличия новых инноваций от эволюционных улучшений существующих продуктов, процессов и услуг;
- более акцентировано показать, что прогресс в развитии инноваций сопровождается социальными и институциональными изменениями.

Представление о развитии инноваций как внутреннем для экономики процессе, процессе возникновения радикальных инноваций, постепенного исчерпания возможностей старых инноваций и их смены — определяет общий подход к объяснению глубокой причины экономического кризиса 2008–09 гг. Инновационный кризис США, связанный со старением инноваций 5-го уклада, создал предпосылки глубокого экономического кризиса. Пятая промышленная революция, начавшаяся в Америке в конце 80-х гг., будет продолжаться не более 20–30 лет и США сейчас находятся на стадии спада инновационной волны.

Экономика США, как и мировая экономика в целом, вступает в фазу спада или рецессии, т. е. находится на понижательной волне пятого большого Кондратьевского цикла. Налицо наличие огромного перенакопления капитала, которое проявляется в беспрецедентном росте спекуляций на фондовом рынке, ипотечном кризисе, увеличении бюджетного дефицита в США. Все это проявления одного и того же процесса — вхождения мировой экономики в фазу спада, за которой, по прогнозам экспертов, после 2012–2015 гг. последует фаза депрессии.

На этом этапе, если следовать исключительно законам рынка, внедряются только «псевдоинновации». Ожидать новых технологий в готовой рыночной форме на этом этапе инновационного развития невозможно, если не использовать нерыночные формы стимулирования радикальных инноваций: инновационную политику, механизм НИС.

Учитывая эндогенные закономерности технологического развития, тенденции развития инноваций, именно сейчас важно активизировать усилия НИС по разработке и внедрению на рынок новых технологий. Когда же наступит шестой ТУ, США могут потерять свое лидерство в новых отраслях по причине того, что американская НИС не проявила должной активности для подготовки нового «рывка». Большинство радикальных инноваций сегодня могут быть запущены и за границами США (Азия, Европа, другие новые центры мировой экономики). К этому уже сформировались достаточные предпосылки.

Инновации 5 технологического уклада (компьютерные и Интернет технологии, прежде всего) зародились в США, распространились в остальном мире и первыми начали терять свою экономическую эффективность именно в США. Не случайно США, как наиболее инновационная и, одновременно, крупная, комплексная, самодостаточная экономика, стали

раньше других заботиться о радикальных инновациях. Так, Наноинициатива в США реализуется не менее 10–15 лет (с 2001 г. официально). Аналогична забота о новой энергетике и иных радикальных инновациях.

Радикальные изменения, лежащие в основе формирующегося шестого ТУ, будут обладать высоким потенциалом рыночного проникновения. Но к этому надо заранее готовиться в рамках всей НИС. Внедрение радикальных инноваций, как первым показал Й. Шумпетер, обеспечит предпринимателям дополнительную прибыль. Но в современном глобальном мире нет никаких гарантий, что эта прибыль будет получена именно американскими корпорациями. Компании других стран уже составляют конкуренцию и все чаще лидируют в новых отраслях. В нанотехнологиях активны, например, Германия и Франция. Так, в 2007 г. на использование нанотехнологий в автомобилестроении получили патенты: США — 100; Германия — 70, Япония — 35, Англия — 10 патентов [9]. В биотехнологиях все сильнее лидерство таких стран Азии как Сингапур, Южная Корея, Гонконг и Китай; информационные технологии все активнее развиваются в Индии, Финляндии и ряде других стран Азии и Европы. НИС США может оказаться в «хвосте» НИС других стран, и эта тенденция уже начинает реализовываться в глобальном масштабе.

Развитие предыдущих радикальных инноваций, прежде всего информационных технологий, привело к заметным структурным изменениям в национальных экономиках и глобальной экономике. Так, новые виды Интернет-услуг динамично проникли в сферу бизнеса (e-business), финансов (e-finance), дистанционного образования (e-learning), государственного управления (e-government), средств массовой информации (e-media). Сменилось уже несколько поколений американцев — «generation tech», привыкших жить и работать «в режиме онлайн». И сейчас среди ближайших задач США в инновационной сфере президент Б. Обама называет освоение широкополосного Интернета, снижение издержек и более активное применение интернет-конференций, повсеместное использование скоростного Интернета, т. е. развитие IT-технологий, которые уже освоены бизнесом.

Как известно, информационная эпоха на базе компьютеров и Интернета, началась в США. Эффективность IT-технологий росла на базе так называемого закона Мора — то есть удвоения плотности накопления и передачи информации в транзисторах и сетях каждые два года. Появлялись новые отрасли, был обеспечен быстрый экономический рост.

Сейчас к новым, радикальным инновациям относят нано, биотехнологии и геномную инженерию, информационно-коммуникационные технологии нового поколения (квантовые, оптические и ДНК-компьютеры; лазерные телевизоры, без-экранные дисплеи и др.) и когнитивные технологии. Они получили общее название NBIC-технологий. Кроме этого, наряду с

NBIC-технологиями, к радикальным инновациям относят и экологически чистую (новую или «зеленую») энергетику. Эти технологии обладают свойствами радикальных инноваций (технологической комплементарностью, способностью распространяться, порождать новые технологии и совершенствоваться) [10]. В работах отдельных зарубежных ученых и аналитических центров (RAND Corporation, Национальный научный фонд США — NSF, научные доклады Евросоюза и др.) этот этап развития технологий называется NBIC-революцией.

В настоящее время самое главное — это активизация поиска радикальных инноваций, способных далее стимулировать экономику, на революционность которых следует опереться для нового скачка экономического развития. Но пока NBIC-технологии еще не развились настолько, чтобы быть реальным революционным катализатором роста инновационной экономики США.

Представление о соотношении наук, входящих в NBIC-направление, о лидерстве какой-то одной из них — меняется. Так, В.М. Полтерович [4] приводит данные, что с 1980-х гг. крепло убеждение в лидирующем положении биотехнологий, позволяющих существенно увеличить эффективность таких отраслей, как сельское хозяйство, химическая промышленность, производство лекарств и здравоохранение.

В настоящее время многие экономисты, в том числе американские ученые Д. Мовери, Е. Юти, Ф. Шапира, считают, что нанотехнологии, а не биотехнологии, могут быть лидером NBIC-направления, так как они в большей степени обладают основными свойствами радикальных технологий [10].

Названные авторы ссылаются, прежде всего, на значительное и растущее количество сфер и областей применения нанотехнологий.

Список 1. Сферы и области применения нанотехнологий

Химические материалы и материалы с наноструктурой:

- Сверхлегкие высокопрочные материалы
- Нанокompозитные полимеры для структурных и электронных применений
- Мембраны и фильтры для опреснения воды
- Термальные и оптические барьеры
- Высокоэффективные инновационные катализаторы
- Текстильные ткани высокой прочности.

Нанотехнологии в компьютерах и компьютерных расчетах и сетях:

- Миниатюрные суперкомпьютеры
- Неуничтожимая огромная память для электронных устройств (Terabit non-volatile memory)
- Универсальные всепроникающие компьютерные сети (pervasive computing)
- Компьютерные дисплеи с низким напряжением и высокой яркостью
- Быстрые полупроводники и микро-компьютеры.

**Нанобиология и наномедицина:
фармацевтические и медицинские продукты:**

- Новые и более эффективные компоненты лекарств
- Идеальная доставка лекарства или препарата к целевому органу или зоне организма
- Средства диагностики, сенсоры
- Активная модуляция ДНК
- Биоэлектроника
- Средства био-защиты в военных условиях
- Анти-бактериальные покрытия и оболочки.

Нано технологии в выработке энергии:

- Тонкие фотоэлементные покрытия для экономии расходов по выработке солнечной энергии
- Экономичные топливные батареи для автомобилей
- Микро-топливные батареи для переносных энергетических устройств
- Быстро заряжающиеся, высокоемкие топливные батареи [11].

При этом стоит внести уточнение относительно термина «нанотехнологии». Так, Мейнард Э. отме-

чает, что нанотехнологии были доминирующей зарождающейся технологией последних 10 лет. Но во многих отношениях нанотехнологии — это ошибочное, «ложное» понятие в том смысле, что абсолютизация и фетишизация нанотехнологий могут даже скрывать глубину и разнообразие всего комплекса NBIC-технологий.

Научные достижения именно в области понимания и манипулирования материей на наноуровне бесспорны, также как и первые разработанные на этой базе технологии. Но, в действительности, как подчеркивает Э. Мейнард, нанотехнология — просто удобное условное обозначение целого набора возникающих технологий в диапазоне от полупроводников до кремней для загара, которые объединяются формально признаком инженерных действий на наноуровне (от 1 до 100 нанометров). Поэтому вместо фокусирования внимания на нанотехнологии, разумно изучать конкретные технологии, которые будут оказывать самое большое влияние на экономику ближайшие 10 лет. Разумеется, не удивительно, что многие из этих технологий в той или иной степени работают на наноуровне [12].

10 основных технологий будущего по Э. Мейнард можно объединить в следующей таблице (табл. 1).

Таблица 1

Основные технологии будущего

Геоинженерия (Geoengineering)	К 2009 г. эта технология превратилась из второстепенной в ведущую. Сама идея управления климатом в глобальных масштабах не нова, но как только стало понятно, что человечество неспособно (или не желает) сократить выбросы углекислого газа настолько, чтобы остановить глобальное потепление, данная технология вышла на политическую повестку дня. В ближайшие 10 лет эта тема будет очень актуальна. Исследования позволят эффективно и экономично влиять на окружающую среду. Одновременно усилятся социально-политические трения по данному вопросу — страны либо глобально придут к общему соглашению о правилах геоинженерии или каждая страна будет делать все, что ей угодно в ущерб другим странам. Последний сценарий может разрушительно повлиять на Землю.
Интеллектуальные энергетические системы (Smart grids)	Рядовому потребителю электроэнергии неизвестно, что ее генерация, накопление и передача связаны с растущими трудностями. Потребность в электричестве растет и поэтому надо внедрять интеллектуальные системы ее использования именно там, где это нужно. Интеллектуальные энергетические системы соединяют производителей и потребителей энергии через взаимосвязанную «умную» систему. Такая система кроме централизованного обеспечения включает в себя даже маленькие электростанции, ветровые станции и солнечные панели. Энергия накапливается и перераспределяется по сетевому принципу. Здесь производители электроэнергии могут быть и потребителями и наоборот. Централизованные энергостанции таким образом могут быть дополнены и даже заменены другими, менее мощными источниками электроэнергии. По мере роста требований к чистоте выработки электроэнергии и роста спроса на нее ближайшие 10 лет возрастет значение интеллектуальных энергетических систем.
Радикальные материалы (Radical materials)	Большинство из современных материалов имеют как-либо природные недостатки. Они могут быть исправлены на атомном и молекулярном уровне. Новые материалы станут более прочными, легкими, способными проводить или сопротивляться теплу и прочее. Такие материалы будут применяться во всех отраслях — от медицины до электроники.
Синтетическая биология (Synthetic biology)	Новое направление, основанное на контроле ДНК-кода. Скоро можно будет создать даже живую бактерию по данным ее кода. Это своеобразное программирование биологических систем — можно задавать новые характеристики кода и создавать новые или улучшенные биологические организмы, ткани.
Индивидуальная геномика (Personal genomics)	Становится все дешевле рассчитать индивидуальный ДНК-код человека. Сейчас это стоит около 5000 долл. Эту информацию можно применять в целях синтетической биологии и многими другими способами в целях отдельного живого существа.

<p>Био интерфейсы (Bio-interfaces)</p>	<p>Эти технологии стирают грань между человеком и машиной, позволяя иметь искусственные органы, управляемые напрямую мозгом (без посредства центральной нервной системы), пользоваться разнообразными имплантатами внутри человеческого организма, разнообразными сенсорами и датчиками. По мере нарастания конвергенции нано-био-невро направлений эта технология будет нарастать. До 2020 г. вряд ли будет сделан существенный прорыв, но за ближайшие годы будет проделана важная фундаментальная работа в данном направлении.</p>
<p>Информационные интерфейсы (Data interfaces)</p>	<p>Объемы доступной информации через Интернет стали настолько огромны, что в ней уже сложно ориентироваться — и пришло время научиться «умной» ее фильтрации, творческой обработке в соответствии с приоритетами того или иного пользователя. Такие программные продукты уже появились — некоторые из них дают ответы на сложные вопросы вместо того, чтобы просто искать информацию на заданные слова. Это и программы Bing от Microsoft, и программы MIT Media Lab. Все больше бытовых устройств становятся оснащенными электроникой и связанными друг с другом (от автомобилей, телефонов и видеокамер до тележек в супермаркете). Такая сеть взаимодействующих элементов позволяет по-новому пользоваться Интернетом и иными беспроводными связями.</p>
<p>Солнечная энергетика (Solar power)</p>	<p>Это технология всевозможного использования солнечной энергии. Для ее сбора используют микро солнечные элементы, которые объединяются на базе особой краски или чернил и составляют огромные уловители энергии. Пока это дорогая технология, но планируется сделать такие покрытия не много дороже цены обычной краски и тогда выгода от сбора и использования солнечной энергии станет очевидной.</p>
<p>Ноотропные препараты (Nootropics)</p>	<p>Препараты, укрепляющие умственные способности — это ноотропики. Эти препараты не новы, но сейчас они по-новому используются. Их все более активно на регулярной основе используют ученые, студенты и инженеры творческих специальностей. По данным последних опросов, около 70 % пользуются такими препаратами. В будущем сила таких препаратов превысит любые чисто природные умственные преимущества. И ожидается бум производства таких препаратов.</p>
<p>Препараты, сочетающие косметику и фармацевтику — космецевтика (Cosmeceuticals)</p>	<p>Объединяются два различных «мира» — мира фармацевтики, где лекарства лечат или предупреждают заболевание и мира косметики, где просто помогают лучше выглядеть, прикрыв возрастные и прочие естественные недостатки. Теперь эти две функции объединены. Такие препараты уже существуют — солнцезащитные лосьоны и шампуни, снимающие раздражение и усталость. Пока есть много регулирующих вопросов, но вскоре эти товары будут все более популярны. Многие продукты будут реально омолаживать человека, а не просто скрывать возрастные недостатки.</p>

Составлено автором по: Maynard A. Ten emerging technology trends to watch over the next decade. December 25, 2009 [12].

А. Мейнард считает, что к перечисленным в таблице технологиям можно добавить еще несколько технологий и радикальных продуктов:

- новые энергоёмкие батареи,
- биотпливо,
- стволовые клетки,
- клонирование,
- робототехника,
- низкоорбитные космические полеты,
- мемристоры (memory resistors), запоминающие резисторы (созданные компанией HP как четвертый фундаментальный элемент электронных схем — в дополнение к резистору, конденсатору и индуктору; состоит из тонкого слоя диоксида титана, расположенного между двумя платиновыми электродами) [12].

Похожие списки «технологий будущего» составляются и отдельными американскими компаниями. Так, по прогнозам (2011 г.) авторитетной в инновационных вопросах компании IBM, в ближайшие 5 лет наиболее коммерчески привлекательными для бизнеса будут следующие инновационные направления:

1. мобильные устройства коммуникации с возможностью трехмерного голографического изображения;
2. батареи, подзаряжающиеся от воздушных источников;
3. приборы, автоматически собирающие информацию геолого-климатического характера;
4. умные навигационные системы;
5. системы отопления зданий при помощи компьютерных систем [13].

Нанотехнологии как основа будущих промышленных технологий, создают четыре поколения продуктов, отличающихся растущей структурной и динамической сложностью:

1. Пассивные наноструктуры
2. Активные наноструктуры
3. Наносистемы
4. Молекулярные наносистемы.

Ближайшие 10 лет вызовы для нанотехнологии примут новые направления, так как осуществляются изменения доминирующих тенденций развития:

- Фокус на создание отдельных компонентов наноразмера, доминировавший последние десять лет,

сменился на новую целевую установку: создание активных, сложных наносистем.

- Наметился переход от специализированных исследований, создающих отдельные прототипы наноструктур к массовому применению нанотехнологий в производстве наиболее передовых материалов, химических веществ, электроники и фармацевтических аппаратов.
- От сфер применения в областях производства передовых материалов, нанoeлектроники и химической промышленности развитие идет в направлении распространения нанотехнологий в новых областях, таких как энергетика, пищевая промышленность и сельское хозяйство, наномедицина и инженерное моделирование наноразмера.
- Осуществляется переход от рудиментарных попыток понимания исходных принципов нанотехнологий к ускорению развития знаний в такой мере, чтобы при сохранении высокой интенсивности изобретений совершалось все больше практических перемен в сферах практического применения новых знаний в области нанонаук.
- Осуществляется переход от практически неспециализированных инфраструктурных условий прошлого десятилетия к хорошо институализированным программам, к созданию специализированных ресурсов (в том числе, лабораторий и баз данных) для полноценного осуществления нанотехнологических исследований, подготовки специалистов соответствующего профиля, стандартизации всех необходимых для производства материальных и правовых ресурсов.

Исследования в области нанотехнологий ближайшие 10 лет будут осуществляться по четырем основным направлениям:

1. Лучшее постижение природы наноразмера, обеспечивающее развитие знаний.
2. Экономические и социальные новации, позволяющие обеспечить ощутимый прогресс в этой области.
3. Развитие международного сотрудничества для обеспечения устойчивого роста нанотехнологий.
4. Сотрудничество представителей человечества друг с другом для осуществления равноправного управления и контроля над соответствующими процессами, гарантирующее урегулирование всех моральных вопросов, связанных с развитием нанотехнологий.

Характерным является сама эволюция определения «нанотехнологий». Если до 2000 г. они определялись с точки зрения овладения первоначальными знаниями в этой области (определение наноразмеров, перечисление основных элементов из которых создаются нанотехнологии), то последние годы изменилась сама природа этого определения — упор теперь делается на практическое применение нарабатываемой в последнее время огромной системной информации в области нанотехнологий.

Образно говоря, произошел переход от разработки алфавита или базовой таблицы умножения в области нанотехнологий к форсированному применению этих фундаментальных знаний в интересах экономического развития. Если в период разработки первого определения (1998–2000 гг.) ученые США консультировались с учеными 20 стран, то согласование последнего определения (2010–13 гг.) происходит с учеными и практиками уже 60 стран. Сейчас речь идет о согласовании конкретных стандартов в применении нанотехнологий, поскольку без этого невозможно получение государственных разрешений на их использование. Речь идет о здоровье и безопасности текущего и будущего поколений населения большинства стран мира [14].

Важно подчеркнуть, что новые технологии показывают тенденцию к взаимопресечению и конвергенции различных областей знаний, которая будет усиливаться. В итоге возрастает вероятность возникновения принципиально новых комбинаций и технологических гибридных направлений. Тем самым, разговоры и дискуссии о том, какая из NBIC-технологий является лидером — сводятся на «нет». Вопрос о доминировании той или иной технологии в период конвергенции отпадает [15].

Раньше развитие технологий обычно определялось в течение длительных периодов каким-либо одним ключевым открытием или прогрессом в одной области (открытие металлургии, использование силы пара, открытие электричества и т. п.).

Так, К. Фримен, характеризуя длинные волны как смену технико-экономических парадигм (систем), определил ключевые характеристики технологических парадигм, которые сменяли друг друга в течение более чем 2 столетий (табл. 2).

Таким образом, К. Фрименом выделяются 5 технологических циклов. Каждый такой цикл начинается, когда в распоряжение производителей поступает новый комплект инноваций. Так, начало 5-го цикла связывают с развитием новых средств коммуникации, цифровых сетей, компьютерных программ и геной инженерии. Начало каждого цикла характеризуется подъемом экономики, тогда как завершение — упадком.

Сегодня благодаря ускорению научно-технического прогресса, наблюдается пересечение во времени целого ряда волн научно-технической революции. И особенно значимым является взаимовлияние именно информационных технологий, биотехнологий, нанотехнологий и когнитивной науки.

С учетом новых факторов технологического развития, проявившихся в последние годы, в таблицу К. Фримена можно внести уточняющие и продолжающие ее положения. Исходя из тенденции сокращения времени господства укладов, срок последнего уклада в таблице К. Фримена можно было бы ограничить 2020 г. Кроме этого, используя прогнозы дальнейшего технологического развития, можно попытаться примерно описать особенности следующего, шестого уклада (табл. 3).

Периодизация основных циклов инновационного развития

Длинные волны	Длинные волны	Состояние науки и образования	Инфраструктура	Инфраструктура	Универсальный дешевый ресурс
(временные рамки)	(характеристика цикла)		Транспорт и связь	Энергия	
1780–1840	Промышленная революция: фабричное производство текстиля	Обучение на рабочем месте, университеты и научные общества	Каналы и грунтовые дороги	Гидроэнергия	Хлопок
1840–1890	Цикл пара и железных дорог	Массовое начальное обучение, первые технические ВУЗы, инженеры	Железные дороги, телеграф	Энергия пара	Уголь, железо
1890–1940	Цикл электричества и стали	Первые ИР лаборатории в корпорациях, технические стандарты	Железные дороги, телефон	Электричество	Сталь
1940–1990	Цикл автомобилей и синтетических материалов	Бурный рост в корпорациях и в госсекторе, массовый доступ к высшему образованию	Автостреды, авиалинии, радио и телевидение	Нефть	Нефть, пластмассы
1990–?	Компьютерная революция	Глобальные ИР-сети, непрерывное образование и профессиональное обучение	Информационные сети, Интернет	Газ, нефть	Микроэлектроника

Источник: Freeman C., Soete L. The Economics of Industrial Innovations. Cambridge, MA: MIT Press, 1999 [16, 19].

Таблица 3

Особенности шестого уклада инновационного развития

Длинные волны	Длинные волны	Состояние науки и образования	Инфраструктура	Инфраструктура	Универсальный дешевый ресурс
(временные рамки)	(характеристика цикла)		Транспорт и связь	Энергия	
2020–?	NBIC-революция	Массификация глобальных образовательных-исследовательских сетей, их встраивание в глобальное инновационное экономическое развитие	Информационные сети и Интернет нового поколения, снимающие любые ограничения на общение и сетевую научно-прикладную деятельность	Новая энергетика: экологически чистые или зеленые технологии в сочетании с повышением эффективности использования углеводородного топлива	Высокоэффективные нано и био материалы

Составлено автором при сохранении структуры табл. 2 (по К. Фримену).

Эти уточнения в характеристику 6-го уклада особенно важны при анализе материала по США и имеют прямое отношение к объяснению причин и путей выхода из текущего кризиса экономики.

Д.А. Медведевым определены 4 отличительные особенности NBIC-конвергенции:

- интенсивное взаимодействие между указанными научными и технологическими областями;
- значительный синергетический эффект;
- широта охвата рассматриваемых и подверженных влиянию предметных областей — от атомарного уровня материи до разумных систем;

- выявление перспективы качественного роста технологических возможностей индивидуального и общественного развития человека — благодаря NBIC-конвергенции [15] (табл. 4).

Можно выделить 4 основные направления деятельности главных участников инновационной сферы США (бизнес — государство — университеты) по развитию **NBIC-технологий**:

- Ускорение процессов коммерциализации инноваций NBIC-направления. Здесь предполагается активизация фундаментально-прикладного альянса всех участников инновационного процесса в це-

Специфические зоны конвергенции NBIC-технологий

Области новейших разработок	Nano	bio	info	cogno
• Наноструктурированные материалы	*			
• Наноэлектроника, оптоэлектроника, магнетика	*		*	
• Передовое здравоохранение, терапия, диагностика	*	*		*
• Эффективная конвертация энергий и аккумуляирование (накопление, хранение) энергий	*			
• Творчество на микроуровне материи и микроробототехника	*		*	
• Инструменты и измерения на наноуровне	*		*	
• Производство на наноуровне	*			
• Наноструктуры для химических, биологических и радиологических исследований, для различных целей обнаружения и защиты	*	*	*	
• Вакцины в размере одной дозы, действующие вскоре после рождения	*	*		
• Вакцины, не требующие охлаждения для хранения	*	*		
• Способы доставки вакцин в организм без посредства иглы	*	*		

Источник: <http://hplusmagazine.com/2010/02/12/nano-bio-info-cogno-paradigm-future/>

лях промышленного развития NBIC-направлений бизнеса. Результатом этого процесса становятся:

1. массовая патентная фиксация результатов нанотехнологических исследований;
 2. акцентирование на патентные каналы технологического трансферта в рамках многих промышленно-университетских кооперационных альянсов.
 3. развитие новых бизнесов и технологических линий NBIC-направления действующих корпораций США. Количество корпораций, все активнее применяющих в бизнесе NBIC-технологии, растет. И вопросы распределения между ними долей рынков, усиления конкуренции, формирования конкурентных преимуществ при выходе на внешние рынки становятся все более актуальными.
- Активизация NBIC-технологических инициатив, связанных с качественной модернизацией всей системы инновационного государственно-частного партнерства, прежде всего, на базе усиления стратегической роли государственных структур.
- США раньше других стали заботиться о радикальных инновациях. Так, Наноинициатива в США реализуется не менее 10–15 лет (с 2001 г. официально). Аналогична забота о новой энергетике и иных технологиях нового поколения. С 2012 г. правительством США обращено особое внимание на развитие Биотехнологической инициативы. В марте 2013 г. правительство Б. Обамы объявило о запуске новой инициативы, связанной с когнитивным направлением (BRAIN Initiative, 2013).
- Подготовка STEM-кадров (технических и математических направлений) для NBIC-отраслей, усиление и углубление подготовки инженерно-

научных кадров США на базе активизации использования всех передовых образовательных методов и систем, совершенствование механизма привлечения и использования талантливых молодых кадров из других стран (в частности, подготовка нового Визового законодательства).

- Формирование Национальной сети промышленных инноваций (National Network for Manufacturing Innovation, NNMI), как новой формы государственно-частного партнерства, способствующей ускорению развития NBIC-технологий (например, аддитивных технологий). Создание Национальной сети 15 промышленных инновационных институтов, фокусирующих в себе отдельные специализированные направления индустриальных инноваций NBIC-спектра. Это направление связано с созданием специализированных отраслевых точек (общенациональных отраслевых центров) инновационного промышленного роста.

Существенный вклад в развитие NBIC-технологий вносят американские университеты как активные участники НИС США. Они располагают достаточной научной и организационной инфраструктурой, которая в сочетании с дополнительными эффектами от партнерства с бизнесом и государством создают очаги ГЧП нового поколения.

Примером конкретного развития сотрудничества служит университет штата Айова (того самого «кукурузного» штата, куда Н.С. Хрущев в 60-е годы XX в. приезжал перенимать новейшие технологии организации сельхозпроизводства) — один из старейших лэнд-гранд университетов. Его сотрудники с самого основания университета были обязаны помогать сельхозбизнесу штата, но сейчас началась «вторая волна» научно-практической деятельности университета,

связанная с развитием биотехнологий. Все формы ГЧП в области биотехнологий опираются на наличные институционально-организационные ресурсы.

Прямо на территории кампуса Университета Айовы (далее — УА) расположены организации, взаимодействие которых облегчает инновационное развитие:

- Офис Вице-Президента по экономическому развитию и исследованиям (Office of the Vice President for Economic Development and Research)
- Офис урегулирования вопросов интеллектуальной собственности и трансферта технологий (Office of Intellectual Property and Technology Transfer (OIPTT))
- Офис Исследовательского Фонда Университета Айова (Iowa State University Research Foundation, Inc. (ISURF))
- Центр развития малого бизнеса штата (Iowa Small Business Development Centers) [17].

Таким образом, есть все организационные ресурсы для разработки, апробирования и лицензирования новых биотехнологий. Особенно важно то, что такая организационная поддержка позволяет найти дополнительное финансирование и поддержку исследовательской и маркетинговой работы, как от местных, так и от федеральных властей.

Институт биоэкономики Айовы (The Bioeconomy Institute, BEI — создан в 2002 г.) занимается вопросами эффективного использования биовозобновляемых ресурсов для производства химических составов, топлива, материалов и энергии. Штат Айова получает тем самым возможность быть лидером «революции», которая меняет способы получения человеком своих базовых ресурсов энергии и угля. Эта революция резко сократит зависимость США от нефтепродуктов. Вместо ископаемых невозобновляемых ресурсов энергии биоэкономика будет использовать биомассу (включая лигноцеллюлозу, крахмалы, масла и протеины) в качестве возобновляемых ресурсов для обеспечения устойчивого экономического роста.

Сельское хозяйство будет поставлять возобновляемые ресурсы и уголь для нужд биоэкономики, в то время как инженерные технологии будут трансформировать эти ресурсы в транспортное топливо, химические вещества и электричество. Но данная трансформация должна реализовываться так, чтобы не навредить интересам последующих поколений.

Биоинститут Айовы уже пять лет реализует биоэкономические программы и уже стал ведущим университетом США в этом направлении. В его состав входят 260 сотрудников и аффилированных лиц, на него работают 29 департаментов во всех семи колледжах Университета, 20 других исследовательских центров и институтов. Промышленные корпорации и федеральные агентства спонсируют исследования на сумму в 67 млн. долл.

Нефтяная зависимость, от которой уходит биоэкономика оставляет, однако, некоторые аналогии: также как нефтеперерабатывающие заводы были неразрывно связаны с географическими территориями

и культурами, где находились непосредственные запасы нефти, биоперерабатывающие заводы будущего будут неразрывно связаны с сельским хозяйством и лесным хозяйством. Но, в отличие от простого бурения нефтяных скважин, биоэкономика потребует поддержания достаточного состояния природы для обеспечения нужной ее «производительности». Теперь требуется организация и поддержание баланса между выращиванием растений, плодородностью почв, устойчивым выращиванием нужных урожаев, транспортной системой перевозки биомассы, логистикой, сельскими сообществами производителей, биопроцессингом, распределением и маркетингом. Все чаще в этой связи обсуждается новая «политическая экономия» биоэкономики, существенно отличающаяся от современных рыночных отношений «финансово безответственного» типа.

Данная тематика звучит все чаще на конференциях по биоэкономике, проводимых в США в 2013 г. В любом случае, даже не углубляясь в теоретические споры, следует согласиться, что экономика, построенная на биопроцессах, требует повышенной социальной ответственности всех ее участников и потребителей, повышенной коллективной ответственности всех субъектов экономики и общества в целом. Элемент до-коммерческого и пост-коммерческого сотрудничества — безусловно, возрастает, причем уже на первых этапах создания биоэкономики как новой системы.

В марте 2013 г. в Калифорнии (Университет Беркли) проведена уже шестая международная конференция «Биоэкономика после выборов». Конференция сфокусирована на тематике эволюции биоэкономики, в том числе биотоплива. Также обсуждались вопросы технологий данного сектора, их связи с современными технологиями традиционного типа.

Тематика круглых столов и докладов была такова:

- Состояние биоэкономики
- Бразилия — опыт и вызовы развития биоэкономики
- Эволюция энергетических систем
- Круглый стол по Бразилии
- Вопросы развития защиты окружающей среды
- Развитие биотехнологий
- Биотехнологии в рамках более широкого экономического обзора
- Политическая экономия Биоэкономики
- Альтернативные виды топлива.

Степень важности данной тематики подтверждается основными спонсорами данной конференции:

- Департамент Сельского хозяйства США
- Колледж Природных ресурсов (Беркли)
- Институт Бионаук и энергетики (Energy Biosciences Institute)
- Фонд Джанини (с 1930 года занимается развитием сельскохозяйственных наук и технологий США) [18].

Таким образом, для национальной инновационной системы США наступил своеобразный «момент истины», который может быть растянут на несколько лет или даже десятилетий. Но все равно в итоге будет

все более понятен результат. Либо экономика США сможет получать существенный толчок для своего развития на базе внедрения NBIC-технологий. Либо развитие NBIC-направлений станет прерогативой иных стран, и экономика США будет лишена своего главного источника благосостояния и экономического роста — передовой национальной инновационной системы, способной генерировать и коммерциализировать прорывные технологические решения в новейших стратегических отраслях.

Есть много факторов, могущих повлиять на исход развития событий. Но главное понятно — если не удастся наладить такое качество ГЧП, которое позволит обновить (модернизировать) всю НИС за счет встречных «жертв» со стороны всех участников такого партнерства, НИС США утратит свою былую инновационную эффективность и роль для американской экономики.

Какие уступки должны сделать участники ГЧП для успешной модернизации НИС? Кратко о некоторых из них: государство должно сделать акцент на усилении стабильности своей роли в финансировании фундаментальных наук, финансировать и эффективно управлять всеми доступными для него организационными и налогово-законодательными ресурсами. Бизнес должен в существенной мере усилить свою социальную ответственность, потеряв часть краткосрочных прибылей ради стратегического развития новых отраслей. Университеты должны более гибко сочетать фундаментальные и прикладные направления исследований, причем наращивая объемы и качество и тех и других наряду с существенным ускорением темпов работы практически по всем направлениям.

Без встречного солидарного изменения приоритетов каждого участника НИС не получится создать такую новую систему научно-практических отношений, которая сохранит инновационную сферу в роли единственной реальной надежды на поддержание конкурентоспособности США и, следовательно, благосостояния страны.

Список использованных источников

1. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. М.: Экономика, 1989; Mensch G. Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression. Cambridge: Ballinger, 1979. 241 p.; Schumpeter J. Business Cycles. V. I. N.Y., 1939.
2. Обучение рынку / Под ред. С.Ю. Глазьева. М.: Изд-во «Экономика», 2004. 639 с.; Глазьев С.Ю. Конкурентные преимущества национальной культуры хозяйствования: возможности и проблемы реализации. Сб.: Русский вопрос. М.: Экономика, 2007. 220 с.
3. Глазьев С.Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов // Вопросы экономики. 2009. № 3. С. 26–38; Айвазов А. Формирование и развитие экономического механизма эволюционного цикла индустриальной стадии капитализма. 2010-07-05-<http://www.apn.ru/publications/article22960.htm> (Дата обращения: 12.03.12).
4. Полтерович В.М. Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации // Вопросы экономики, 2009. № 6. С. 4–22.
5. http://www.poria.ru/inn_files/12.pdf (Дата обращения: 25.03.12).
6. Henderson R.M.; Clark K.B. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms // Administrative Science Quarterly, Vol. 35, No. 1, Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation. (Mar., 1990). P. 9–30. <http://innovationzen.com/blog/2006/08/11/innovation-management-theory-part-3/>
7. Крестинен К. Дилемма инноватора. Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. 236 с.
8. Christensen C.M., Raynor M.E. The Innovator's Solution. Harvard Business School Press. 2003. 320 p.
9. <http://www.nanoprom.net/abroad/107-europe.html> (дата обращения: 03.04.12)
10. Youtie J., Iacopetta M., Graham S. Assessing the Nature of Nanotechnology: Can We Uncover an Emerging General Purpose Technology? // The Journal of Technology Transfer. 2008. Vol. 33, No 3. P. 315–329.
11. <http://www.nanocompositech.com/nanotechnology/nanotechnology-business.htm> (дата обращения: 03.04.2012).
12. Maynard A. Ten emerging technology trends to watch over the next decade. December 25, 2009. <http://2020science.org/2009/12/25/ten-emerging-technology-trends-to-watch/>
13. IBM on the verge of new computer innovation and discovery... December 31, 2011. <http://translate.google.ru/translate?hl=ru&langpair=ru|en&u=http://rutube.ru/tracks/5163208.html>
14. Roco Mihail C. The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/MCR_11-0201_JNR13_NNI+at+10+years_11051_2010_192_print.pdf
15. Медведев Д.А. Феномен NBIC-конвергенции: реальность и ожидания. <http://www.transhumanism-russia.ru/content/view/498/116/>
16. Freeman C., Soete L. The Economics of Industrial Innovations. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
17. <http://www.biorenew.iastate.edu/industry-collaborations/> (дата обращения 25.04.13).
18. <http://www.berkeleybioeconomy.com/> (дата обращения 11.04.13).

NBIC-technologies' development in the USA

A.V. Frolov, Ph. D. in economics, Senior lecturer in International Economics department at Economic Faculty of the Moscow State University (MSU)

The article explains the role of radical innovations as basis for further consolidation of USA National Innovation System. Importance of State-Private Partnership (SPP) in activating NBIC-innovations (nano-, bio-, new IT and new energy) and their related convergence is being depicted in much detail. Among the most vital, the following directions of government innovation initiatives are analyzed: NBIC-Initiatives, STEM-education and creation of National Network of Innovative Institutions (in bioeconomy and additive manufacturing).

Key-words: radical innovations, NBIC-revolution, NBIC-technologies' convergence, USA government innovation initiatives.