

# КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ: ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

**Резюме.** Рассматривается использование инновационных NBIC-технологий, которые, согласно форсайту, приведут к изменению не только социально-технологического ландшафта, но даже людей. Они смогут манипулировать структурами размером в одну триллионную долю метра. Мышление человека не будет обладать преимуществом перед искусственным разумом. Люди и машины сольются на всех уровнях бытия.

**Ключевые слова:** инновации, диффузия инноваций, NBIC-технологии, конвергенция, человеческий капитал.

УДК 001.895(476)+005.336.4(476)



**Борис Гусаков,**  
профессор кафедры менеджмента Белорусского национального технического университета, доктор экономических наук, профессор;  
[b-99@yandex.ru](mailto:b-99@yandex.ru)



**Татьяна Данильченко,**  
старший преподаватель кафедры менеджмента Белорусского национального технического университета;  
[tanja.min@mail.ru](mailto:tanja.min@mail.ru)

**П**ерспективы социально-экономического развития нации определяет инновационный потенциал общества, который характеризуется возможностями создавать научно-технические новшества, превращать их в товар, конкурентоспособный на внутреннем и внешнем рынках, и, что самое важное, – воспринимать извне технические нововведения. Уровень экономического роста, оцениваемый объемом ВВП, позволяет дифференцировать статистику. За десять лет (2008–2017) в мировой экономике он составил 135%, в том числе в активно развивающихся странах – Китае, Индии, Бразилии – около 150%, в развитых странах – 130%.

Преимущества технологического превосходства и высоких темпов ВВП осознаны в России и Беларуси.

Владимир Путин в марте 2018 г. отметил: «России необходим технологический прорыв, в том числе и в области вооружений. В противном случае страна рискует остаться позади своих соперников, и последствия будут очень тяжелыми». Александр Лукашенко месяц спустя в Послании к белорусскому народу и Национальному собранию подчеркнул: «Цель – расти быстрее, чем другие, и таким образом сокращать отставание от развитых стран... Достижение к концу следующей пятилетки ВВП не менее 100 миллиардов долларов». Намеченный рост ВВП – 200%.

В этой связи Госкомитет по науке и технологиям Республики Беларусь разработал Комплексный прогноз научно-технического прогресса. До 2020 г. будет подготовлена платформа с концентрацией ресурсов для формирования высоко-

технологичных секторов экономики пятого и шестого технологических укладов. В 2030 г. индустриальная экономика нашей страны должна стать постиндустриальной, повысив технологический уклад на два уровня. Такой рост в мировой практике осуществлялся, как правило, за тридцать-сорок лет. Реализация поставленной цели и прогноза возможна при условии активного использования человеческого капитала. Именно благодаря его широкому привлечению технологически отсталые в конце прошлого века Япония и Южная Корея смогли сформировать индустриальную экономику.

В нынешнем веке прорыв в будущее постсоциалистических стран обеспечит конвергенция наук и технологий, считает президент НИЦ «Курчатовский институт» М. Ковальчук. По его мнению, индустриальный путь развития грозит энергетическим коллапсом, и в процессе его приближения не последнюю роль сыграло то, что развитые страны, в первую очередь США, целенаправленно, на протяжении десятилетий, перебрасывали затратные, в основном устаревшие производства в Индию и Китай. Они «разбудили» эти страны, активно включив их в модель расширенного воспроизводства и потребления [1].

Для распространения «прорывных» инноваций необходимо создать механизм использования человеческого капитала, выявить специфику этого механизма, уточнить сущность понятий «прорывные инновации» и «человеческий капитал», а также причины появления конкурентного преимущества, обусловленного инновационной деятельностью.

## Сущность инноваций и их специфика для Беларуси

Термин «инновации» имеет множество трактовок, которые базируются на различных характеристиках этого явления. Общее понятие подразумевает под ними «...изменение в продуктах, технологиях, системах управления» [2], но не раскрывает основные свойства инноваций. Базовые идеи понимания их сущности заложил Й. Шумпетер, который описывал инновационную деятельность как «особый инструмент, позволяющий предпринимателю использовать перемены и превращать их в новые возможности» [4]. Теория Шумпетера не дает строгую дефиницию инновации, однако выявила пять ее видов: новый продукт или его новые характеристики, новый технологический процесс или его новые характеристики, новый рынок сбыта, новый фактор производства, новая организация производства. Эта классификация в глобальной экономике требует уточнения, поскольку ускоренное развитие возможно при «создании продуктов и процессов с высокой добавленной стоимостью». С учетом дополнения классификация Шумпетера позволяет характеризовать основные свойства и связи инноваций и дать их обобщенное определение.

Инновация – это новый или значительно улучшенный процесс или продукт, созданный с использованием современных знаний, обладающий новыми или улучшенными качественными характеристиками и поэтому имеющий повышенную добавленную (потребительскую) стоимость.

Введенные в понятие дополнения «значительно улучшенный процесс или продукт» отмечает изменения, обусловленные снижением качественных характеристик новшества, свойство «использование современных знаний» позволяет выделить инновации среди множества нововведений, «новые и улучшенные качественные характеристики» определяет появление конкурентного преимущества, «повышенная добавленная (потребительская) стоимость» свидетельствует о Парето-эффективности инноваций, поскольку в этом случае обеспечивается рост составляющих добавленной стоимости – зарплата и прибыли.

Как известно, инновации разделяются на продуктовые и процессные. Эффективность последних наиболее ярко проявляется в сфере производства, где они позволяют снижать затраты на материалы, энергию, рабочую силу, обеспечивая рост прибыли предприятия и возможность снижать цену продукта или услуги, создавая тем самым конкурентное преимущество. Отметим, выход на новый рынок представляет собой специфическую процессную инновацию, поскольку требует не только современных знаний о нуждах, потребностях, предпочтениях и возможностях покупателей, но и специфическую, привязанную к конкретному сегменту, новую организацию продаж, обеспечивающую дополнительную прибыль от эффекта их масштаба. Цена на продукты и услуги может быть снижена, однако при уменьшении нормы прибыли на единицу продукции масса общей прибыли возрастает. В повседневной жизни это известное рыночное явление – оптом дешевле.

Инновационный продукт становится конкурентоспособным, поскольку имеет повышенную потребительскую стоимость – привлекателен для покупателя по своим качественным параметрам и продается дороже. Для удержания рыночной ниши цена такого продукта должна покрывать затраты на его выпуск и обеспечивать дополнительную прибыль производителю. Продуктово-процессные инновации расширяют возможности бизнеса в конкурентной борьбе и в дополнительной прибыли. Создается синергетический эффект, интегрирующий эффекты процессной и продуктовой инновации.

Прогнозируемый прорыв Беларуси к постиндустриальной экономике требует привлечения инноваций, соответствующих 6-му технологическому укладу. Это NBIC-технологии, представляющие собой конвергенцию (англ. convergence – схождение в одной точке) четырех технологий: N – нано, B – био, I – информационных, C – когнитивных. Термин предложен в 2002 г. американскими учеными Майклом Рокко и Уильямом Бейнбриджем [5]. Специалисты каждой составляющей NBIC-технологий, создавая продуктово-процессные инновации, вместе творят будущее человечества:

- *когнитивист* – изучает умственные и чувственные функции человека и животных и формы их приложения в технической сфере, а социолог обращает успехи технологий на пользу человека и общества;
- *информационщик* – мониторит и контролирует технологические и социальные процессы, реализует методы эффективной обработки, хранения, анализа и использования информации;

- *биотехнолог* – исследует возможности живых организмов, систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач и создания живых организмов с необходимыми свойствами;

- *нанотехнолог* – на базе принципиально новых методов создает материалы нанометрового размера, обеспечивающие экономию материальных ресурсов.

Конвергенция технологий возникла в США в начале нынешнего века, с 2003 г. она распространилась в Канаде, Японии, Южной Корее, в 2004-м переместилась в ЕС, а после финансового кризиса 2008–2010 гг. получила новый виток развития [6]. В это время многие экономисты, базируясь на теории длинных конъюнктурных волн Й. Шумпетера, пришли к выводу, что периодическая смена технологических укладов способствует преодолению кризисов. За основу была принята модель вывода производственной системы из кризиса без увеличения объемов производства и роста цен, которую Й. Шумпетер предложил в середине XX века. Выявлено, что системная перестройка экономических структур обеспечивает синергетический эффект супераддитивного сложения, когда  $1+1>2$ , в случае NBIC-технологии  $1+1+1+1>4$  – за счет взаимного проникновения и каталитического влияния технологий.

Поскольку мегатрендом ближайших десятилетий станет взаимное влияние и взаимопроникновение четырех технологий, в результате чего границы между отдельными из них сотрутся, многие научные и прикладные результаты в экономике будут возникать при междис-

циплинарной работе. Прогнозируемые изменения между макро-, микро- и наномиром во времени приведены на рисунке [7]. Сопреженными эффектами конвергенции будут глобальные ускоряющиеся изменения в социально-экономическом устройстве общества и человеческой жизни. Использование NBIC-технологий выявило несколько факторов, влияющих на их эффективность:

- *наука должна стать доминантой развития базовых и конвергированных технологий. Методология науки в условиях NBIC-технологий переходит на более высокий уровень становления в результате слияния разных научных направлений и их проникновения в общую систему научного познания. Это дает возможность осуществлять стратегическое планирование научной деятельности, оценивать реалистичность фантастических воззрений, диверсифицировать риски;*

- *наука как системообразующее звено формирует технологический облик всей сферы производства продукции, товаров и услуг. Если действующая система общественного воспроизводства будет воспринимать вызовы NBIC-технологий, получить реальную подпитку в виде спроса и предложения со стороны производственно-экономической среды, то произойдет гармоничное развитие научно-технологического потенциала;*

- *при нарушении баланса развития инновационных производств и NBIC-технологий перспективы развития общества окажутся удручающими, поскольку инновации уйдут в отрыв от име-*

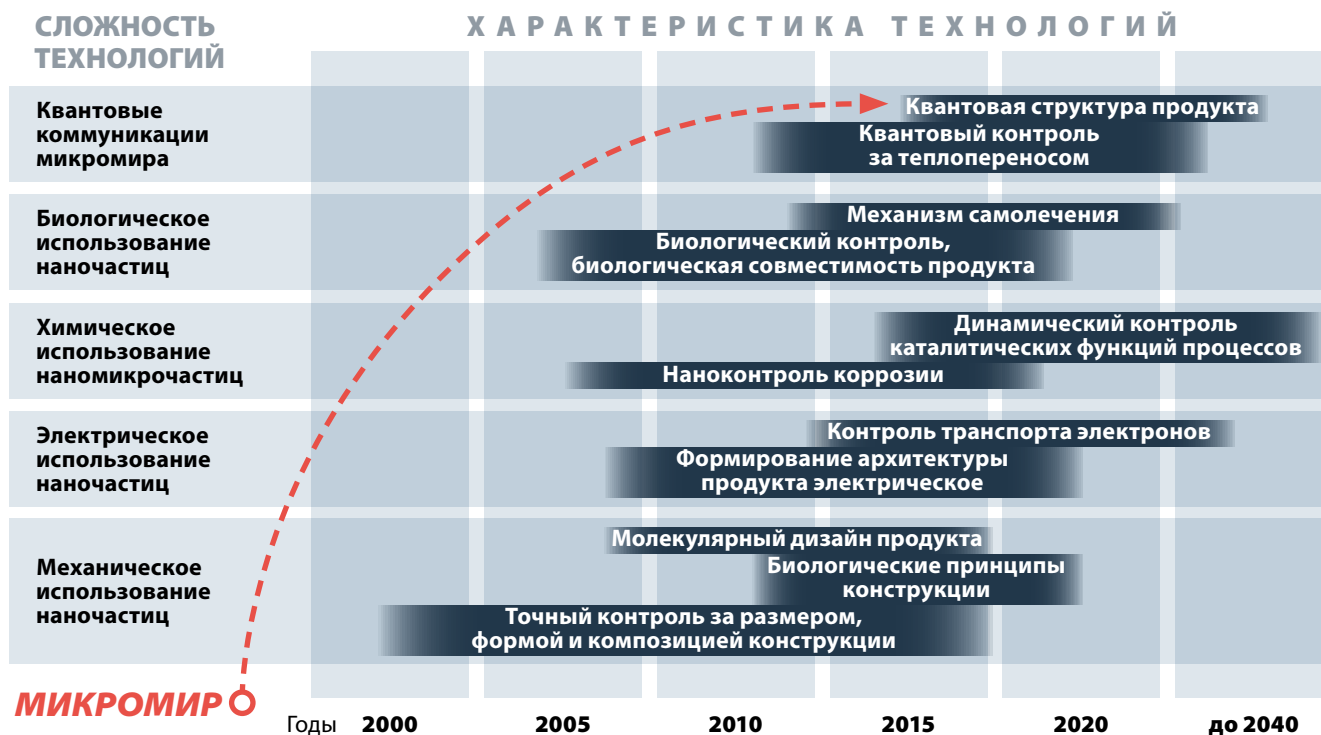


Рисунок. Тренд развития NBIC-технологий: ретроспектива и стратегическая перспектива

ющихся реалий. NBIC-технологии превратятся в самоцель без возможностей их коммерциализации и внедрения, лишатся реальных ограничений, окажутся невостребованными и станут элементарно бесполезными;

- целесообразность и возможности внедрения NBIC-технологий окажутся под вопросом при слабой общественной восприимчивости синергетических эффектов, которые проявляются только при системной перестройке экономических структур. Это проявится, если учебные программы вузов по комплексу специальностей, необходимых для конвергенции технологий, не будут скоординированы. Такой вариант подготовки специалистов не обеспечит полноценного развития NBIC-технологий в силу противоречий с мотивационными стимулами членов общества.

### Требования к человеческому капиталу для реализации NBIC-технологий

Развитие NBIC-технологий к 2018 г. прошло три фазы. Первой стало производство с помощью нанотехнологий новых продуктов с вовлечением знаний из области биологии, химии, физики, математики, материаловедения, а также возникновение междисциплинарных и межотраслевых связей. На второй стадии конвергенции произошло взаимопроникновение NBIC-технологий, начал проявляться эффект синергизма. Третья фаза — подключение к NBIC-технологиям социальной составляющей, где человек — цель всех инноваций, к примеру формирование универсальных баз данных, развитие когнитивных и коммуникационных связей, об-

лачные хранилища, система «человек-машина» (робот), киберфизическая система, безлюдная техника и транспорт, телемедицина, «умная» техника (авто, дома, одежда и др.), появление новых дисциплин (синтетическая биология, квантовые коммуникации, нанофотоника, нанофлюидика), биомедицина, медицинская физика и инженерия.

При многих положительных результатах внедрения NBIC-технологий настораживает тот факт, что в странах Большой восьмерки на третьей фазе конвергенции наметился разрыв между высокой (экспоненциальной) скоростью роста инноваций и относительно низким (линейным) развитием экономики. Происходит недоиспользование потенциала управления этим сложным процессом [7], в то время как он должен приносить более ощутимые результаты за счет роста человеческого капитала. Выявим сущность этого понятия.

К. Маркс определил капитал как самовозрастающую стоимость. В начале XX ст. сформировалось устойчивое понимание, что человек, используя свои предпринимательские, производственные и трудовые способности, также создает добавленную стоимость. В этом проявляется сходство человеческого и материального капиталов. В современном мире котировка акций крупных фирм на биржевом рынке позволила определять величину человеческого капитала топ-менеджеров. Например, Стив Джобс – отец «цифровой революции» – поднял корпорацию Apple на первую строку самых дорогих компаний в мире. Рынок оценил его человеческий капитал в 20 млрд долл. Ровно на это значение упала стоимость акций корпорации, когда в 2011 г. стало известно о смертельной болезни Джобса. Признавая, что человеческий капитал – специфический вид капитала, поскольку его носителем являются люди, дадим ему следующее определение.

**Человеческий капитал – это предпринимательские, производственные, трудовые способности и знания людей, используемые в различных сферах деятельности для производства товаров и услуг, формирующие дополнительную добавленную стоимость сверх нормальной, создаваемую материальным капиталом.**

Первый теоретик нанотехнологического механосинтеза Эрик Дрекслер определил основное требование к разработчикам и пользователям NBIC-технологий как носителям человеческого капитала: «Следует и должно стать мастером в одной области и знать многое о других» [8]. Для того чтобы осу-

ществлять качественные изменения в развитии цивилизации XXI в., требуется решить вопрос подготовки специалистов двух типов:

- *лидеров, творцов с энциклопедическим образованием, мульти- и междисциплинарными знаниями, способных обосновать концепции мегапроектов и возглавить их реализацию;*
- *работников широкого профиля, способных действовать самостоятельно и в команде (творческих коллективах) при решении широкого круга задач межотраслевых и междисциплинарных проектов.*

Обе группы специалистов должны владеть унифицированным языком (понятиями, терминами) NBIC-технологий, а также прогнозом их развития.

### Прогноз развития NBIC-технологий

Американский изобретатель и футуролог, технический директор Google Рэй Курцвейл озвучил свое видение будущего до конца XXI в. на Международном конгрессе SAE в 2015 г. в Детройте [9]. Автор множества технологических прогнозов, он известен в научном мире тем, что каждый из них научно обосновывает. В данном случае за основу прогноза он принял экспоненциальную зависимость скорости развития конвергентных NBIC-технологий в результате революций в генетике, нанотехнологии, робототехнике. По мнению Рэймонда Курцвейла, мы находимся только в начале экспоненты.

Многие прогнозы кажутся фантастическими: появятся перчатки и костюмы, транслирующие удаленные прикосновения, которые будут использованы в системах виртуальной реальности для эмоцио-

нального общения людей через Интернет; кремний из микроэлектроники будет вытеснен объемными решетками из нанотрубок; традиционные алгоритмы заменят параллельные нейронные сети и генетические алгоритмы; системы автоматического перевода станут настолько эффективными, что будут широко использоваться в профессиональных областях и повседневной жизни. Рассмотрим хронологию инноваций.

2021 год. Интернет будет доступен с 85% земной поверхности. Он станет преимущественно беспроводным и очень дешевым. Компьютерные программы научатся создавать предметы искусства на уровне современников или даже лучше. Бумажные книги станут раритетом. Основным средством для просмотра текстов будут тонкие легкие дисплеи с очень высоким разрешением.

2022 год. Роботы станут привычными как домашние животные. Будут приниматься законы, регулирующие взаимодействия между людьми и роботами.

2024 год. Системы автопилота и помощи водителям будут широко распространены в легковых, грузовых машинах и общественном транспорте. В ряде стран людям вовсе запретят управлять автомобилем без электронного ассистента водителя.

2025 год. Появятся компактные персональные летательные аппараты. Носимая электроника будет вытесняться имплантируемой. Борются с процессами старения будут нанороботы и другие технологии, которым пока нет названия.

2028 год. Альтернативная энергетика станет одной из ключевых технологий для развития всех

остальных. Ресурса солнечных батарей хватит на покрытие большей части энергетических затрат.

2029 год. Компьютер на порядок превзойдет мозг среднего человека в большинстве областей. Будут расшифрованы функции сотен различных субрегионов мозга, алгоритмы их развития. Они и будут включены в алгоритмы нейронных сетей.

2031 год. Многие люди добровольно станут киборгами. Из-за обилия имплантов будет переосмыслен термин «человеческое существо». Пораженные органы будут изготавливаться 3D-принтерами в крупных больницах. Появятся компьютерные импланты с прямым подключением к мозгу, наделяющие человека сверхспособностями: усилением восприятия, улучшением памяти, увеличением скорости реакции и сокращением времени обучения.

2033 год. Компьютеры станут обучаться без человека. Небиологические формы интеллекта объединят тонкие организации человеческого разума со скоростью, памятью и безграничными возможностями обмена знаниями машинного интеллекта. Практически все автомобили станут самоуправляемыми. Сельскохозяйственные работы и системы транспорта будут полностью автоматизированы.

2034 год. Развитие искусственного интеллекта приведет к появлению общественных движений за права машин. Глобальная программа орбитальной защиты будет эффективно предотвращать падение на Землю крупных метеоритов и астероидов.

2038 год. Трансгуманизм станет самостоятельным научным направлением. Нейроимпланты позволят получать любые специфические познания. Клетки тела можно будет

запрограммировать на новые функции и лечение болезней.

2041 год. Интернет-трафик возрастет в сотни миллионов раз. Запросы в поисковые системы можно будет отсылать силой мысли.

2045 год. Первая реализация физического бессмертия, нанороботы будут защищать организм от любых негативных воздействий.

2049 год. Решится проблема голода, пища будет производиться (ассамблироваться) нанороботами из подручных материалов. Она не будет отличима от «природной», но может как угодно видоизменяться простой модификацией программ (калорийность, вкус, содержание аминокислот, витаминов, микроэлементов, ферментов).

2051 год. Сотрутся границы между реальным миром и виртуальной реальностью. Все физические объекты смогут выполнять немедленную самооборону или изменять свои свойства.

2072–2099 годы. Нанотехнологии породят пикотехнологии. Люди смогут манипулировать структурами размером в одну триллионную долю метра. Мышление человека не будет обладать преимуществом перед искусственным разумом. Люди и машины сольются на всех уровнях бытия. Их сознание будет способно контролировать сразу несколько разных физических тел и создавать новые. Границы между вещественными проявлениями личностей постепенно сотрутся.

Таким образом, согласно прогнозу, через несколько десятилетий начнется эра технологической сингулярности, когда скорость технологического развития будет настолько высока и изменения окружающего мира будут настолько фундаментальны, что кардинально изменится существование человека и само понятие жизни. ■

Статья поступила в редакцию 04.03.2018 г.

#### SUMMARY

The use of technological foresight as the new method of building the future on the basis of innovative NBIC technologies for overcoming the technology gap of the post-socialist countries is considered. NBIC technologies connect the pragmatics of the private sector, the decisions of state bodies and the priorities of research and development. In the future the usage of NBIC convergence will lead to the changes not only in social and technological landscape, but also in people.

**Keywords:** innovations, dissemination (diffusion) of innovations, NBIC technologies, NBIC convergence, human capital.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальчук М. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. 2011, Т. 6, № 1–2. С. 13–23.
2. Агарков С. А. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика // <http://www.rae.ru/monographs>.
3. Друкер П. Ф. Бизнес и инновации. – М., 2007.
4. Шумпетер И. А. Теория экономического развития. – М., 1982.
5. A. Converging Technologies for Improving Human Performance / Roco M. C., Bainbridge W. S. (eds.). Arlington, VA: NSF/DOC-sponsored report, 2002. [Dordrecht (Netherlands): Kluwer, 2003. 307 p.
6. Roco M. C. Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society / Bainbridge W. S., (eds.). Berlin: Springer, 2006. 370 p.
7. Кричевский Г. Е. Введение в NBICs-технологии // NBICs-Наука. Технологии. 2018. № 1. С. 25–52.
8. Дрекслер К. Э. На пути к интегрированной наносистеме: фундаментальные проблемы проектирования и моделирования // Справочник теоретических и вычислительных нанотехнологий / М. Rieth, W. Schommers. – American Scientific Publishers, 2006.
9. Прогноз развития технологий до 2099 года / Андрей Васильков // Компьютерра. 30 апреля 2015 г. // [www.computerra.ru/226917/predictions-of-raymond-kurzweil/](http://www.computerra.ru/226917/predictions-of-raymond-kurzweil/)

SEE <http://innosfera.by/2018/09/technologies>