

*АКТУАЛЬНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
ТЕОРИИ*

---

КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ –  
НОВАЯ ОСНОВА ДЛЯ  
ИНТЕГРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА,  
НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

*С.Д. Бодрунов*

Автор доказывает, что возрождение российской экономики предусматривают не просто решение проблем реиндустриализации, о важности чего он пишет уже не первое десятилетие, но глубокую трансформацию материального производства, предполагающую активизацию развития наиболее передовых, адекватных вызовам шестого уклада технологий. Для реализации этой задачи нужны субъект и процесс генерации и освоения знаний, т.е. наука и образование. Отсюда императив интеграции производства, науки и образования на всех уровнях экономической жизни, начиная с основного производственного звена. Развитие новых технологий и интеграция производства, науки и образования в условиях нового типа материального производства, характерного для нового индустриального общества второго поколения, развивающего достижения нового индустриального общества XX в. а не увядшего в миражи постиндустриализма, предполагают решение задачи конвергенции технологий.

В статье предлагается оригинальная теория проникновения технологий в другие технологии и производство в процессе NBICS-конвергенции. В развитие этого положения формулируются три оригинальных утверждения. Первое: технологии можно различать по некоему уровню или потенциалу «проникновения» – penetration potential. Второе: чем больше такой потенциал, тем выше суммарная синергия взаимодействия технологий. Третье: новые технологии, имеющие более высокий уровень позитивного синергетического

---

© Бодрунов С.Д., 2018 г.

*Бодрунов Сергей Дмитриевич, д.э.н., профессор, президент Вольного экономического общества России, директор Института нового индустриального развития (ИНИР) им. С.Ю. Витте, Санкт-Петербург, inir@inir.ru*

потенциала, являются главной движущей силой цивилизационного развития. Автор делает вывод, что такими – базовыми – технологиями очередного нового технологического уклада, имеющими максимальный потенциал «проникновения» и «интеграции», в настоящее время являются информационно-коммуникационные технологии. В основе этих изменений лежит тенденция вытеснения человека из непосредственного процесса материального производства, резкого возрастания знаниеемкости продукта и соответствующего сокращения доли материальных затрат при его производстве. Для решения этой задачи необходимо развивать институты стратегического планирования, проводить активную индустриальную политику; широко внедрять механизмы государственно-частного партнерства; обеспечивать общедоступность образования и общественную поддержку науки. При условии решения этих задач Россия обретает шансы стать одной из лидирующих экономик мира.

*Ключевые слова:* технологии, проникновение технологий, экономика, Россия, индустрия, знаниеемкое производство.

*JEL:* O32, L16.

В последние годы едва ли не общим местом стало утверждение, что глобальное лидерство в мире будет определяться лидерством технологическим. Автор этих строк данное положение настойчиво внедрял в сознание интеллектуальной элиты ранее, подчеркивая нечто более значимое, – то, что новое знаниеемкое производство, базирующееся на новейших индустриальных технологиях, ставит ребром вопрос не просто о реиндустриализации, но о качественном изменении облика индустриальной системы в целом. Применительно к нашей стране – России – этот тезис стал еще важнее: без возрождения индустриального производства на базе новейших технологий нет материальной основы для технологического лидерства (Бодрунов, 2016).

## 1. РЕАЛЬНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ – НЕОТЛОЖНАЯ ЗАДАЧА НЕ ЗАВТРАШНЕГО, А СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

Высокотехнологичное материальное производство – только один из элементов системы, оно еще не обеспечивает решения проблем развития экономики и общества. Современное знаниеемкое производство – и об этом мне уже доводилось писать не раз – не может развиваться в отрыве от интенсивного развития нового научного знания (Бодрунов, 2016а). Кроме того, как производство, так и науку должны продвигать соответственно подготовленные кадры, люди, обладающие необходимыми способностями, знаниями и навыками, которые должна нам дать система образования (Бодрунов, 2015) (рис. 1).

Более того, сегодня уже нельзя довольствоваться простым сознанием того, что какое-то производство у нас есть, наука в некотором смысле тоже есть, система образования продолжает функционировать, и тем, что эти сферы даже неким образом между собой взаимодействуют. Существенно, что речь идет не только о том, что их надо поднять на качественно более высокий уровень, но и о том, что их взаимодействие между со-



Рис. 1. Интеграция промышленности, науки и образования

бой необходимо сделать существенно более эффективным и социально ориентированным. Речь идет о том, что современное высокотехнологичное производство во все возрастающей степени требует непосредственного *взаимопроникновения* этих сфер друг в друга, их теснейшей *интеграции*, а на уровне *основного производственного звена* – и *прямого организационного объединения*.

Почему сегодня надо ставить вопрос не просто о взаимодействии между производством, наукой и образованием, а именно об их интеграции, не как благопожелание на отдаленную перспективу, а как неотложный вопрос практического действия? Потому, что этого требует приближающаяся технологическая революция!

Сегодня происходит переход к шестому технологическому укладу (рис. 2) (Джура, Левшов, 2016): по представлениям ООН РАН и Рабочей группы РАН по НТИ, это мир биотехники, нанотехнологий, робототехники, новой медицины, которые значимо увеличат продолжительность и качество жизни человека, инфокоммуникационные и цифровые технологии и т.д. По оценкам специалистов, при сохранении нынешних темпов технико-экономического развития в технологически продвинутых странах шестой технологический уклад будет оформляться в 2010–2025-е гг., а в фазу зрелости он вступит в 2040-е гг. При этом в течение ближайших 5–7 лет произойдет новая *научно-техническая* и *технологическая революция*, основой которой станут разработки, синтезирую-

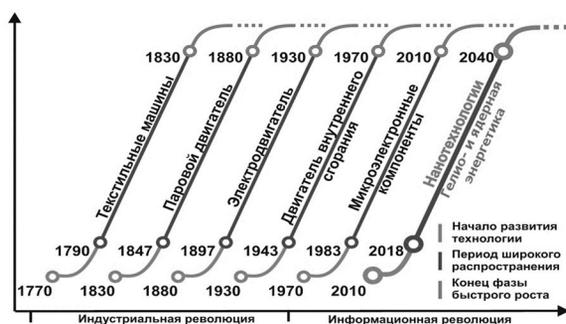


Рис. 2. Смена технологических укладов

щие достижения перечисленных выше базовых (а возможно, и каких-то еще) *направлений*.

Мы пока не можем уверенно и безальтернативно предсказать, к каким конкретным социальным изменениям приведет эта технологическая революция, ведь *структура ее базовых технологий* еще только просматривается, причем недостаточно отчетливо. Однако безошибочно можно утверждать следующий важный факт: шестой технологический уклад в еще большей мере, чем пятый, будет базироваться на генерировании научных знаний и их применении в производстве для выпуска продуктов, обладающих высокой *знаниеемкостью*. Замечу, завершая этот блок рассуждений: знаниеемкость может быть обеспечена только тогда, когда есть *субъект и процесс генерации и освоения* знаний, т.е. *наука и образование*. Но прежде чем обратиться к вопросам формирования социально-экономических институтов генерирования такой интеграции, остановимся вкратце на вопросах технологических императивов, обуславливающих необходимость реализации именно этих векторов развития.

Автор этих строк впервые в данном тексте предлагает оригинальный подход к оценке «взаимоотношения» технологий, ориентированный на определение того, какая технология (или группа технологий) из общего их набора в определенный момент может стать основой нового технологического уклада.

Начнем с определения понятия «*технология*». Мы описывали его в упомянутых выше работах автора с точки зрения производственного процесса; это один из компонентов данного процесса, включающего кроме того такие слагаемые, как материалы, организация производства и труд (рис. 3).

Технология представляет собой некую *совокупность процессов обработки (переработки)* первого компонента производственного процесса – материалов – в процессе трудовой деятельности при определенном способе организации производства. Следовательно, технология – это не просто неотъемлемая часть производственного процесса, а та его часть, которая, преобразуя матери-

Удовлетворение потребностей – производственный процесс

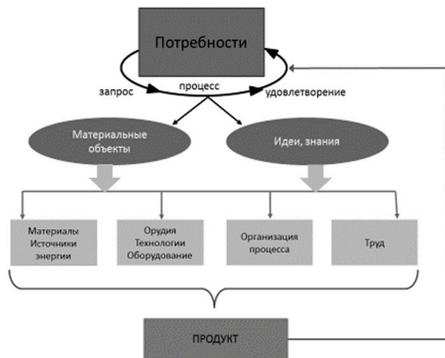


Рис. 3. Схема производственного процесса

алы, ставит в некую зависимость от себя и остальные части производственного процесса. Вследствие этого она меняет и характер организации производства, и характер труда в производстве, *преобразует* также и их. Таким образом, именно *технология* является движущей силой развития производства. Собственно поэтому правильно называть очередную грядущую революцию в материальном производстве не *технической*, не *информационной*, не *промышленной* или *индустриальной*, а именно *технологической*.

Итак, технология – *всепроницающее* и *всереорганизующее* звено любого производства. Но следует при этом различать и сами технологии, ведь одни сравнительно слабо влияют на другие компоненты производства, а другие очевидно, сильнее.

Наконец, мы должны видеть и взаимное влияние технологий друг на друга. Одни из них меньше подвержены влиянию других, а иные больше. Чем определяются эти различия? Ответ прост, если вспомнить, что *технологии* – это суть *сублимация производственных знаний*. Природа же знаний такова, что позволяет осуществлять их «проникновение» везде и «взаимопроникновение» одних «квантов» знания в другие. Мы называем это свойство *penetration* – *проникновение*. И здесь влияние каких-то элементов знания при их наложении, или суперпозиции, может давать

разные эффекты. По аналогии с волновой теорией могут быть синергированные «пучки», а может быть волновой «штиль». И та технология, которая несет большую энергию, потенциал преобразования или «проникновения» и в другие технологии (*penetration I* типа), и в остальные элементы производственного процесса (*penetration II* типа), формирует, образно говоря, «лицо», облик нового технологического состояния – сначала производства, а затем всего жизненного уклада.

Тем самым мы можем сформулировать *первое утверждение*, важное для последующего: технологии можно различать по некоему уровню, или потенциалу «проникновения», – *penetration potential*. И те из них, которые имеют высокий уровень проникновения с позитивным для развития производства (повышения его эффективности, что определяется параметрами результата производственного процесса – продукта производства) потенциалом, сначала постепенно «завоевывают» другие технологии, проникают в них, преобразуют их, интегрируя их общую энергию и создавая новый, более высокий *технологический потенциал* (I тип повышения уровня знаниеемкости производства), а затем преобразуют и прочие компоненты производственного процесса, *вращивая* в целом уже *потенциал производства* (II тип повышения уровня знаниеемкости производства).

Именно такие технологии и становятся базовыми для очередного технологического уклада.

За счет чего при этом возникает синергия? Фактически за счет интеграции таких потенциалов технологий, что позволяет говорить и о синергетическом «интеграционном» потенциале (*synergistic integration potential*) технологий. Напомним: одни технологии имеют меньший интеграционный потенциал, другие – больший. И чем больше такой потенциал, тем выше суммарная синергия взаимодействия технологий. Это *второе утверждение*, которое мы считаем важным выделить в данном тексте. Можно сказать, что синергетический интеграционный потенциал набора

базовых технологий определенного технологического уклада и определяет его уровень.

Отсюда важное следствие: базовой технологией очередного нового технологического уклада становится та или такая их набор, который имеет максимальный потенциал «проникновения» и «интеграционный» потенциал.

В качестве примера рассмотрим электричество: его уровень проникновения и синергирующий потенциал оказался существенно выше других технологий соответствующего периода, к тому же электротехнические решения имели и высокий интеграционный потенциал, что и предопределило в итоге их лидирующие позиции. Результат известен. Переход на электроориентированные технологии в силу означенных причин был быстрым, революционным. Он полностью изменил и существо большинства прочих технологий, и прочие компоненты производства, и продукты производства, а затем и уклад жизни их пользователей, людей, в том числе в сферах, казалось бы, уже совсем далеких от производства – социальной, управленческой, образовании, культуре.

Новые технологии, имеющие более высокий уровень позитивного синергетического потенциала, являются, таким образом, главной движущей силой цивилизационного развития.

Сейчас мы стоим на пороге очередного его этапа.

Каким он будет?

Какими будут базовые его технологии?

И почему мы можем уже говорить – и это *третье* из акцентируемых нами положений – о *конвергенции* технологий?

Начнем с краткого обзора перспективных направлений технологического развития.

## 2. NBIC-КОНВЕРГЕНЦИЯ

В настоящее время все большее число исследователей приходит к выводу, что особенно значимым представляется появление и взаимовлияние информационных, био-, нано-

технологий и когнитивных наук. Данное явление получило название *NBIC-конвергенции* (по первым буквам областей: *N* – нано; *B* – био; *I* – инфо; *C* – когно). Термин введен в 2002 г. Михаилом Роко и Уильямом Бейнбриджем, авторами наиболее значимой в этом направлении работы – отчета «*Converging Technologies for Improving Human Performance*» (Roco, Bainbridge, 2004, p. 1), подготовленного Всемирным центром оценки технологий (WTEC). В отчете раскрываются особенности NBIC-конвергенции, ее роль в развитии мировой цивилизации, а также ее эволюционное и культурообразующее значение.

В этом же отчете было предложено и понятие «*NBICS-конвергенции*», включающее и социальные науки (Spohrer, 2004, p. 102). Последнее, однако, требует важной оговорки: хотя и в западной, и в отечественной научной литературе (Ковальчук, 2011, с. 21; Ковальчук, Нарайкин, 2011) последний подход получил определенное распространение, но существенного вклада социальных наук в решение проблем разработки и применения конвергентных технологий пока не заметно. А между тем потребность в осмыслении новых социальных форм для развития передовых технологий очень велика.

Принимая во внимание обнаруживаемые при анализе различных областей знания (связанных с новейшими технологиями) тесные взаимосвязи и пересечения, а также междисциплинарный характер современной науки, можно ожидать (в перспективе) слияние NBIC-областей в единую научно-технологическую область знания. Предметом изучения и действия такой области будут почти все уровни организации материи: от молекулярной природы вещества (нано) до природы жизни (био), разума (когно) и процессов информационного обмена (инфо).

Ведущиеся уже не одно десятилетие исследования автора и других ученых возглавляемого мной Института нового промышленного развития доказывают, что именно *инфокоммуникационные технологии* образуют основу нового технологического уклада.

Естественно, здесь возникает ряд вопросов. Почему именно на этих технологиях будет строиться шестой уклад? Чем определяется переход от ранее наблюдавшегося «существования» и взаимодействия различных технологий к их конвергенции, т.е. к образованию гибридных технологий?

Для ответа на эти вопросы еще раз обратим внимание прежде всего на суть современных информационных технологий и связанный с ними процесс «цифровизации» других технологий. Информационно-коммуникационные технологии, в отличие от всех остальных имеющихся, во-первых, демонстрируют способность проникать в любые технологические процессы, во-вторых, «цифровизация» становится той технологической платформой, которая способна объединить разнородные технологии в гибридные технологические процессы, имея новый мощный интеграционный потенциал.

Как пишет известный специалист в сфере исследования будущих базовых технологий М. Ковальчук, «...информационные технологии стали неким “обручем”, который объединил все науки и технологии» (Ковальчук, 2011, с. 14) (рис. 4). Именно поэтому инфоцифровые технологии выступают как ядро нового технологического уклада. Поэтому нынешняя инициатива по цифровизации российской экономики имеет вполне рациональную, более того, объективно необходимую подоплеку, а не просто выступает в качестве модного веяния.

Другие технологии, входящие в этот набор, объединяет, с одной стороны, их способность к конвергенции друг с другом, а с другой – тот факт, что эта конвергенция направлена на реализацию двух основных тенденций, характерных для современного этапа технологического развития. Это, во-первых, развитие тенденции к вытеснению человека из непосредственного процесса материального производства и, во-вторых, тенденция к резкому возрастанию знаниеемкости продукта и к соответствующему сокращению доли материальных затрат при его производстве.



Рис. 4. Информационные технологии – «обруч», объединяющий все науки и технологии

Заметим, что эти процессы наблюдались всегда, во всех укладах. Но именно сейчас, с появлением инфокоммуникационных технологий нового типа, имеющих максимальные потенциалы проникновения I и II типа и максимальный синергетический интеграционный потенциал, эти тенденции обрели иную, качественно новую выраженную форму. Похоже, она свидетельствует о формировании исторически последнего типа производства, где еще не будет полного выхода человека из процесса материального производства и где еще будет присутствовать такой компонент, как человеческий труд.

При этом важен, конечно, как мы показали, и феномен синергии технологий. Именно он позволяет обеспечивать ускоренное движение цивилизации по пути индустриального прогресса. Но еще важнее вытекающий из него феномен «второго порядка»: само развитие современных технологий, повышение их знаниеемкости влечет за собой еще и повышение их синергетических возможностей, т.е. растет «синергетическая емкость» (либо, если угодно, «синергетическая мощность») технологий, что и создает технико-институциональную базу того самого «ускорения ускорения» (условно – второй производной) темпа научно-технического прогресса, о котором мы писали в названных выше работах еще несколько лет назад.

Такая синергия невозможна без а) постоянной «подпитки» со стороны нового на-

учного знания и б) постоянного усвоения этих знаний участниками производства. Поэтому *теснейшая интеграция производства, науки и образования* при непрерывности процесса «добычи» новых знаний, «трансляции» их через систему образования и имплементации в новые технологии является *спецификой* шестого технологического уклада.

### 3. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАЮТ НОВЫЕ ИМПУЛЬСЫ ИНТЕГРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА, НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Вместе с конвергенцией технологий мы наблюдаем процесс размывания отраслевого деления, «сближения» отраслей, появления новых профессий (модная студенческая присказка последних лет: работа, которая у меня будет, еще не изобретена!), и даже не профессий – я об этом написал в редакционном эссе нового журнала «Вольная экономика» (Бодрунов, 2017, с. 2–3), – а компетенций. И этот процесс ускоряется. Мы назвали этот процесс «горизонтальным смещением» по аналогии с «красным смещением» в астрофизике. Этот тренд, как и в физике, проистекает из ускорения развития технологий. «Индустрия 4.0», основанная на аддитивных технологиях (3D-принтирование) и на «интернете вещей», другие сходные технологии влекут принципиальное изменение подходов во многих ныне традиционных сферах экономической активности – от торговли и сферы обслуживания до строительства (заметим попутно – становясь, в свою очередь, фундаментом, мощной базой грядущих инноваций). При этом синергетический потенциал, заложенный в современных технологиях, реализуясь на практике, не только не снижается, но возрастает: яркий пример – развитие информационных технологий, где через повышение эффективности *hard* растет эффективность *soft*, а через совершенствование *soft* возрастают мощности *hard*.

Понятно, что новый, шестой технологический уклад как более знаниеинтенсивный базируется на значительно более глубоком проникновении в закономерности как неживой, так и живой природы. Прогресс в этих двух направлениях идет рука об руку. Так, развитие нанотехнологий, означающее переход технологий на атомарный уровень, составляет важнейшую предпосылку резкого сокращения материало- и энергоемкости производства, о чем мы говорили еще 15–20 лет назад. Вместе с этим именно нанотехнологии обеспечивают сближение, конвергенцию технологий, основанных на закономерностях неорганического и органического мира. Они позволяют перейти от имитации живой природы на основе сравнительно простых неорганических устройств к воспроизведению систем живой природы на основе биотехнологий. Причем речь идет не только о внешней природе, но и о природе самого человека, подтверждением и инструментом чего служит расшифровка генома человека.

Другим дополнением к этой закономерности является переход к аддитивным технологиям (3D-принтированию), позволяющим уйти от прежних, «вычитающих» технологических процессов, сопряженных с переработкой значительной части исходных материальных ресурсов в отходы (и влекущих за собой, попутно заметим, гигантский рост и экологических проблем, и «гомонагрузки» на природу, о чем автор говорил в своей Кембриджской лекции (Бодрунов, 2017, р. 96)). Далее, вместе с широким использованием биотехнологий это позволяет существенно сократить не только *материало-емкость*, но и *энергоемкость* производства.

И все это становится возможным только на основе компьютерно-цифрового контроля, встроенного в прочие технологические процессы, что предполагает широчайшее использование информационно-коммуникационных сетей. А это уже отличается от «цифровизации», накладываемой на традиционные технологические процессы в рамках пятого или четвертого технологического уклада. Отделите, например, блок программ-

ного управления от станка с ЧПУ – и вы получите традиционный металлообрабатывающий станок. Но попробуйте проделать то же самое с 3D-принтером – и вы получите недействующий агрегат. Попробуйте отключить «индустрию 4.0» от Сети – и вы остановите целые отрасли.

«Цифровые» технологии вносят и самостоятельный вклад в решение задачи создания современной «умной индустрии», в которой резко возрастающая роль человеческого разума сопрягается с вытеснением человека из непосредственного участия в технологических процессах. «Индустрия 4.0», основанная на взаимодействии с «интернетом вещей», становится прообразом такого качественно иного, безлюдного производства, опирающегося в то же время именно на мощь человеческого интеллекта.

Подчеркнем: любая технология с более высоким потенциалом проникновения и интегрирующим потенциалом даст более высокий эффект тогда, когда реципиентом такого «проникновения» является более знаниеемкая технология.

Если мы будем «цифровизировать» технологии пятого, а тем более третьего или четвертого укладов, то определенный позитивный эффект это, конечно, даст. Однако сейчас выйти на передний край технологической гонки можно только в том случае, если мы будем использовать *инфоцифровые технологии* и как «проникающую» технологию, и как *интегрирующий инструмент* для NBICS-конвергенции. Это вовсе не значит, что не следует заниматься приложением «цифры» к технологиям пятого уклада. Напротив, отставание в этой области надо наверстывать хотя бы для того, чтобы включить все поле существующих технологий в единое «цифровое пространство», дающее возможность поднять на новый уровень синергетическое взаимодействие технологических процессов. Но только целенаправленное повышение удельного веса технологий шестого уклада с использованием NBICS-конвергенции дает для «цифровизации» адекватную технологическую платформу, обеспечивающую наибольшие успехи в

снижении ресурсоемкости производства на основе повышения его знаниеемкости.

#### 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СДВИГИ, КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ: ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА

Качественные сдвиги в технологиях, как мы отметили, закономерно ведут к изменениям во всех сферах социально-экономической жизни. Так, когнитивные технологии в рамках шестого уклада через использование самообучающихся систем искусственного интеллекта (ИИ) вторгаются в те области, где ранее не было альтернативы применению человеческого труда. Поиск, накопление, сортировка и сопоставление информации, позволяющие на этой основе принимать решения, – это уже под силу системам ИИ. Именно интеллектуально-когнитивные технологии через использование достижений биотехнологий и информационно-коммуникационных технологий создают возможность непосредственного взаимодействия человека с протекающими безлюдными технологическими процессами (человеко-машинные интерфейсы, человеко-машинные системы, человеко-машинные сети (Tsvetkova, Yasserli, 2015)). На этой основе получает новый толчок *производство робототехники*, которая становится более гибкой, более приспособляемой, более производительной.

Пока искусственный интеллект еще далек от того, чтобы открывать новые знания. Пока он их может *получать*, накапливая и анализируя информацию, может *передавать*, но сам *не может* быть их «первооткрывателем». Что же будет дальше? Здесь прогнозы расходятся. И не исключено, что это новый вызов нашей цивилизации. Именно поэтому новый технологический уклад предъявляет новые, возрастающие требования к исследовательской, познавательной деятельности человека.

Так, подходы, основанные на *конвергенции технологий*, требуют обеспечения *междисциплинарности* в организации *научных исследований*. Ориентации на конвергентные технологии должна соответствовать и *конвергенция в образовании*. Этому пока в значительной мере мешает ведомственно-отраслевая организация как науки, так и сферы образования.

Можно заметить, что возможность конвергенции технологий обеспечивается значительными прорывами в области фундаментальных естественнонаучных исследований и соответствующей перестройкой системы образования. Человек будет нацелен на то, чтобы ускорять приближение к абсолютному знанию, и будет все более универсален. Будут развиваться новые способы доступа к знаниям и информации – нейросети и различные человеко-машинные системы.

Разумеется, универсальность человека будет заключаться не в том, что каждый человек будет знать все, а в открывающейся возможности и усвоенной способности овладеть практически любым необходимым знанием. *Главный сдвиг будет заключаться в создании информационно-коммуникационных систем*, позволяющих каждому человеку пользоваться всем тем океаном знаний, который накоплен человечеством. Может быть, это не слишком точный пример, но с совершенствованием технологий картина, которую человек воспринимает через монитор компьютера (или через телевизионный экран), – это пиксели (светящиеся порции люминофора), а не мазки краски. Однако восприятие становится все более и более приближенным к непосредственному зрительному восприятию оригинала. И эта тенденция будет касаться доступа ко всем видам знаний, в том числе ко всему богатству культуры.

Разумеется, это потребует совершенствования способностей самого человека, овладения умением входить в любую область знания и ориентироваться в ней.

Такая универсальность вполне достижима, если соответствующим образом будет *перестроена система образования*. Ее главной задачей будет не «накачивание» обучаю-

щегося знаниями и навыками по определенной узкой специальности. Обучающийся должен *перестать быть пассивным приобретателем готовых знаний*, он должен научиться эти знания *добывать и применять самостоятельно*. Разумеется, это умение невозможно будет приобрести без широкого фундаментального образования, позволяющего быстро ориентироваться в любой потребовавшейся области знаний.

*Переходной ступенью* к такому «универсально самообучающемуся» человеку является реализация концепций «образования для всех» и «образования через всю жизнь», необходимых для выхода на этап НИО.2 (Бодрунов, 2016а), о котором мы говорим в ИНИР как о следующем этапе нашей цивилизации. А затем критически важной становится разработка и получение новых, все более совершенных и универсальных способов доступа к знаниям.

Такой подход предполагает исчезновение финансовых барьеров и других факторов, определяющих сейчас *неравенство в доступе к образованию*. В перспективе новые информационно-когнитивные технологии должны будут обеспечить преодоление языкового барьера.

Для развития всех этих процессов необходимы, однако, глубокие реформы в системе социально-экономических отношений и институтов.

К числу наиболее значимых здесь я бы отнес, *во-первых*, развитие в рамках рыночной экономики институтов *стратегического планирования и активную индустриальную политику*, обеспечивающие, наряду с рыночными стимулами, механизмы долгосрочной программируемой реализации *стратегических проектов* в области развития *новых технологий, интеграции производства, науки и образования*.

Этим же целям может и должно, *во-вторых*, служить *государственно-частное партнерство*.

*В-третьих*, развитие *общей доступности образования и общественной поддержки науки*, использование в этих сферах отношений, обеспечивающих все более активное

создание общественных, а не только частных, благ, – все это может послужить делу стимулирования интегрированного развития производственно-научно-образовательных комплексов, обеспечивающих реализацию императивов перехода к шестому технологическому укладу.

\*\*\*

Насколько сложной для России является задача выхода на рубежи шестого технологического уклада, более того – захвата технологического лидерства? Для решения этой задачи мы обладаем далеко не лучшими позициями по сравнению со странами, которые являются в настоящее время технологическими лидерами (рис. 5). В США, например, доля производительных сил пятого технологического уклада, по данным 2015 г., составляет 60%, четвертого – 20, третьего – менее 15, второго – 1%. Около 5% приходится на шестой технологический уклад. Экономика России в технологическом отношении весьма многоукладна; при этом более 50% технологий относятся к четвертому укладу, а 33% – к третьему. Доля технологий пятого уклада составляет около 10%, технологии шестого уклада находятся пока в зачаточном состоянии.

Чтобы в течение ближайших 10 лет войти в число *технологических лидеров*, необходимо создать *развитые производства шестого технологического уклада*, удельный вес которых в выпуске продукции должен быть значимым. Нужен не только «технологический скачок», но и *совершенствование всех упомянутых нами ранее компонентов современного материального производства* (материалов, труда, производства и применения знаний, организации производства). Нам *нужны новые технологии «переднего края»*, даже не завтрашнего, а послезавтрашнего дня. Нам *нужна наука*, дающая знания, кладущиеся в *основу таких технологий*. Нам *нужно образование*, воспитывающее, *во-первых, человека-творца*, способного усваивать, находить и применять

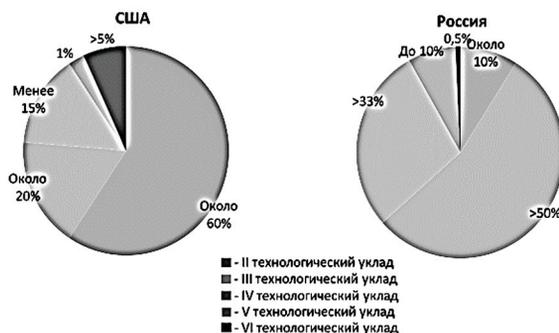


Рис. 5. Оценка структуры производительных сил США и России (по технологическим укладам, по данным на 2015 г.)

новые знания, и, *во-вторых, человека культурного*, осознающего свою *ответственность* за применение современной технологической мощи и способного ее ориентировать на благо человека. Только тогда можно будет говорить о выходе в новое индустриальное общество второго поколения – *НИО.2*.

## Список литературы

- Бодрунов С.Д. Грядущее. Новое индустриальное общество: перезагрузка: монография. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: ИНИР им. С.Ю. Витте, 2016.
- Бодрунов С.Д. Интеграция производства, науки и образования: прошлое, настоящее и будущее // Интеграция производства, науки и образования и реиндустриализация российской экономики: сб. материалов международного конгресса «Возрождение производства, науки и образования в России: вызовы и решения» / под общ. ред. С.Д. Бодрунова. М.: ЛЕНАНД, 2015. С. 18–37.
- Бодрунов С.Д. Ко дню экономиста // Вольная экономика. 2017. № 4. С. 2–3.
- Бодрунов С.Д. Новая модель экономического роста на основе возрождения производства, науки и образования // Производство, наука и образование России: преодолеть стагнацию:

сб. материалов II Международного конгресса (ПНО-II) / под общ. ред. С.Д. Бодрунова. СПб.: ИНИР им. С.Ю. Витте, 2016. С. 18–25.

Джура С.Г., Левшов А.В., Чурсинов В.И. Особенности смены технологического уклада в XXI веке // Дельфис. 2016. № 85. С. 23–27.

Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии. 2011. Т. 6. № 1–2. URL: <http://www.nrcki.ru/files/pdf/1461850844.pdf>.

Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий и формирование новой ноосферы // Российские нанотехнологии. 2011. Т. 6. № 9–10. С. 10–13.

Bodrunov S.D. New industrial society of the second generation: Globalisation discontents and the future of noospheric civilisation / Public Lecture, Cambridge, May 11, 2017 / Scientific Papers of the S. Witte Institute of New Industrial Development. Saint Petersburg, 2017. 93 p.

Roco M., Bainbridge W. Overview converging technologies for improving human performance // Roco M., Bainbridge W. (eds). Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. Arlington, 2004. URL: [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf).

Spohrer J. NBICS (Nano-Bio-Info-Cogno-Socio) convergence to improve human performance: Opportunities and challenges // Roco M., Bainbridge W. (eds). Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. Arlington, 2004. URL: [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf).

Tsvetkova M., Yasseri T. Meyer E.T., Pickering J.B., Engen V., Walland P., Luders M., Følstad A., Bravos G. Understanding human-machine networks: A cross-disciplinary survey. E-Print // Cornell University Library. 2015. arXiv:1511.05324v1 [cs.SI] 17 November. URL: <https://arxiv.org/pdf/1511.05324v1.pdf>.

*Рукопись поступила в редакцию 15.01.2018 г.*

## CONVERGENCE OF TECHNOLOGIES AS A NEW BASIS FOR INTEGRATION OF PRODUCTION, SCIENCE AND EDUCATION

*S.D. Bodrunov*

*Bodrunov Sergey D.*, Free Economic Society of Russia, S. Witte Institute of New Industrial Development, Saint-Petersburg, Russia, [inir@inir.ru](mailto:inir@inir.ru)

The author proves that the revival of the Russian economy relies not only on finding a solution to reindustrialization issues which have been labeled as critical for several decades, but also on profound transformation of material production involving active development of the latest technologies fit to face the challenges of the sixth technological mode. This objective necessitates the advancement of the subject and process of knowledge generation and acquisition, i.e. science and education, hence the need to integrate production, science and education at all levels of the economy starting with production as the core link. In order to promote the development of new technologies and the integration of production, science and education under a new type of material production typical of the new industrial society of the second generation as a successor to the achievements of the new industrial society of the twentieth century as opposed to the pursuit of postindustrialist illusions, we need to foster technological convergence.

The article presents a new approach to the penetration of technologies into other technologies and production under the NBICS convergence which rests on three seminal premises. First, technologies vary by their penetration potential. Second, higher penetration potential translates into higher aggregate synergy of technological interaction. Third, New technologies with a higher level of positive synergetic potential serve as the main driver of civilizational development. The author concludes that information and communications technologies currently constitute the basic technologies of the new technological mode which possess maximum penetration and integration potential. These changes rely on the trend towards the removal of humans from immediate material production processes, a sharp increase in the knowledge intensity of a product and the corresponding reduction in the share of material expenses in the process of production. If Russia develops strategic planning institutions, pursues

an active industrial policy, promotes private public partnership mechanisms, ensures the accessibility of education and provides wide research support, it can become one of the world's leading economies.

*Keywords:* technology, technology penetration, economy, Russia, industry, knowledge-intensive production.

*JEL:* O32, L16.

## References

- Bodrunov S.D. (2015). The integration of production, science and education: Past, present and future. The Integration of production, science and education and re-industrialization of the Russian economy. Sbornik materialov Mezhdunarodnogo kongressa «Vozrozhdenie proizvodstva, nauki i obrazovaniya v Rossii: vyzovy i resheniya» [Proc. the International Congress «The Revival of Production, Science and Education in Russia: Challenges and Solutions»]. Ed. by S.D. Bodrunov. Moscow, LENAND, pp. 18–37 (in Russian).
- Bodrunov S.D. (2016). A new model of economic growth based on revival of production, science and education. Production, science and education of Russia: to overcome stagnation. Sbornik materialov II Mezhdunarodnogo Kongressa (PNO-II) [Proc. 2nd International Congress (PSE-II)]. Ed. by S.D. Bodrunov. Saint-Petersburg, INIR im. S.Yu. Vitte, pp. 18–25 (in Russian).
- Bodrunov S.D. (2016). What is yet to come. A new industrial society: reload. Second edition revised and supplemented. Saint-Petersburg, INIR im. S.Yu. Vitte (in Russian).
- Bodrunov S.D. (2017). A day of the economist story. *The Free Economy Journal*, no. 4, pp. 2–3 (in Russian).
- Bodrunov S.D. (2017). New industrial society of the second generation: Globalisation discontents and the future of noospheric civilisation / Public Lecture. Cambridge. May 11 / Scientific Papers of the S. Witte Institute of New Industrial Development. Saint Petersburg, 2017. 93 p. (in Russian).
- Dzhura S.G., Levshov A.V., Chursinov V.I. (2016). Features of change of technology stage in the 21st Century. *Del'fis* [Delfis], no. 85, pp. 23–27 (in Russian).
- Koval'chuk M.V. (2011). Convergence of sciences and technologies as a breakthrough in the future. *Nanotechnologies in Russia*, vol. 6, no. 1–2 (in Russian). URL: <http://www.nrcki.ru/files/pdf/1461850844.pdf>.
- Koval'chuk M.V., Narajkin O.S., Jacishina E.B. (2011). Convergence of sciences and technologies and the formation of a new noosphere. *Nanotechnologies in Russia*, vol. 6, no. 9–10, pp. 10–13 (in Russian).
- Roco M., Bainbridge W. (2004). Overview converging technologies for improving human performance // Roco M., Bainbridge W. (eds). *Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Arlington. URL: [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf).
- Spohrer J. (2004). NBICS (Nano-Bio-Info-Cogno-Socio) convergence to improve human performance: Opportunities and challenges // Roco M., Bainbridge W. (eds). *Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Arlington. URL: [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf).
- Tsvetkova M., Yasseri T. Meyer E.T., Pickering J.B., Engen V., Walland P., Luders M., Følstad A., Bravos G. (2015). Understanding human-machine networks: A cross-disciplinary survey. E-Print // Cornell University Library. arXiv:1511.05324v1 [cs.SI] 17 November. URL: <https://arxiv.org/pdf/1511.05324v1.pdf>.

*Manuscript Received 15.01.2018*