

В.Е. Дементьев

ЦЭМИ РАН, Москва

## **Борьба за нанотехнологическое лидерство: США, ЕС, Китай, Россия**

Политика России в сфере нанотехнологий сопоставляется с политикой США, ЕС и Китая. Показано влияние промышленной структуры на финансирование исследований и разработок. Обосновано положение, согласно которому модернизация российских производств текущей длинной волны – принципиальный фактор успешного участия страны в борьбе за технологическое лидерство.

Ключевые слова: *нанотехнологии, длинные волны, импорт технологий, ловушка координации.*

Классификация JEL: O32, O33, O38, O57.

### **1. Международная конкуренция в сфере перспективных технологий**

В условиях обостряющегося соперничества за лидерство на перспективных направлениях роста мирового рынка России важно определить, что может обеспечить ей успешное участие в этом соперничестве, позволит претендовать на получение в перспективе технологической ренты. Требуется не просто большая активность в сфере исследований и разработок (ИиР), но и действия, адекватные усилиям конкурентов, направленным на подготовку к грядущей технологической революции. Ее во многом связывают с широким использованием нанотехнологий.

Ставки в борьбе за нанотехнологическое лидерство весьма высоки. От результатов этого соперничества зависит не только место страны в мировом разделении труда, но и ее роль в мировой финансовой системе. При всех возможных корректировках этой системы она и дальше будет обслуживать присвоение технологической ренты лидирующими в инновационной конкуренции странами. Чем выше спрос на передовые технологии, тем привлекательней становится валюта страны, способной предложить такие технологии. В рамках контрактной теории денег (Гамбовцев, 2009) соответствующую валюту можно рассматривать как невыполненный, т.е. находящийся в процессе исполнения, контракт на поставку передовой технологии. Поэтому эволюция финансовой системы во многом будет определяться тем, какие страны полнее других сумеют воспользоваться подъемом очередной длинной волны

экономического развития. Позиции стран в новом мировом распределении труда вполне определятся к 2020 г., когда характерные для этой волны технологии станут доминировать в лидирующих экономиках. К этому времени завершится и перестройка мировой финансовой системы.

В условиях конкуренции за инновации между вторым и последующими местами порой нет принципиальной разницы. Не удивительно, что участники нанотехнологической гонки пристально следят за действиями друг друга. Сопоставительный анализ усилий и достижений стран и регионов в области нанотехнологий представлен во многих зарубежных (Hullmann, 2006; Towards a European strategy, 2004; Key Figures, 2007; Key Figures, 2008–2009; Global R&D Funding Forecast, 2009; Sargent, 2008) и отечественных (Прогноз научно-технологического развития, 2008; Долгосрочный прогноз, 2008; Соколов и др., 2009; Киселев и др., 2008) форсайт-исследованиях и аналитических обзорах.

Несмотря на предпринимаемые Россией в последние годы меры в сфере нанотехнологий, прогнозные исследования отводят стране довольно скромное место на будущей технологической карте мира. Корпорацией RAND были выделены 16 прикладных направлений грядущей технологической революции, соответствующей подъему шестой длинной волны технологического развития (The Global technology, 2006). Проведенный анализ показал, что наибольшие шансы добиться успеха по всем 16 прикладным направлениям имеют лишь 7 из 29 рассмотренных RAND стран. Это США, Канада, Германия, Южная Корея, Япония, Австралия, Израиль. Перспектива освоения 12 направлений технологических приложений оценивается RAND как реальная для четырех стран: Китая, Индии, Польши и России. В исследовании RAND обращает на себя внимание наиболее скептическая оценка перспективы России (в группе стран, к которой она отнесена). Ожидается, что Китай и Индия сделают шаг к сближению с лидерами. России же грозит примыкание к группе менее развитых в технологическом отношении стран (Бразилия, Чили, Мексика и Турция).

Создание высокотехнологичного российского сектора nanoиндустрии, способного конкурировать с экономически развитыми странами мира на внутреннем и внешнем рынках нанопродукции в ключевых областях обеспечения обороноспособности, технологической безопасности и экономической независимости государства, повышения качества жизни населения – стратегическая цель, зафиксированная в «Программе развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года». Исходные условия реализации этой цели таковы, что nanoнаука в России представлена не только относительно простыми (и в некотором смысле – традиционными) областями, как материалы, композиты, нанопорошки, но и более сложными и перспективными,

опирающимися на принципиально новые квантовые свойства наносостояний. По уровню ожидаемых результатов основная часть (70%) разработок отвечает мировому уровню, доля уникальных проектов не превышает 3%, что является тревожным показателем, указывающим на вполне вероятные риски утраты отечественными учеными позиций в мировом «нанопространстве». Только 9% общего числа работ ориентированы на исследования в такой ключевой области, как наномеханизмы. Настораживает также высокая доля проектов (пятая часть), которые могут не быть востребованы экономикой (Национальный доклад, 2008, с. 124–125).

Несмотря на предпринимаемые в последние годы меры, остается во многом открытым вопрос о том, за счет чего Россия будет претендовать на первые, а не на вторые роли в наноэру. В условиях мирового экономического кризиса этот вопрос приобретает особую остроту, поскольку кризис – это и угроза растраты необходимых для радикального обновления производства ресурсов, и возможность форсированно подготовиться к очередной длинной волне технологического развития. Цель настоящей статьи – показать, что такой подготовке отвечает не только уточнение приоритетов в сфере ИиР с учетом действий конкурентов. Не менее важно ликвидировать отставание в уровне развития ряда производств текущей длинной волны (пятого технологического уклада).

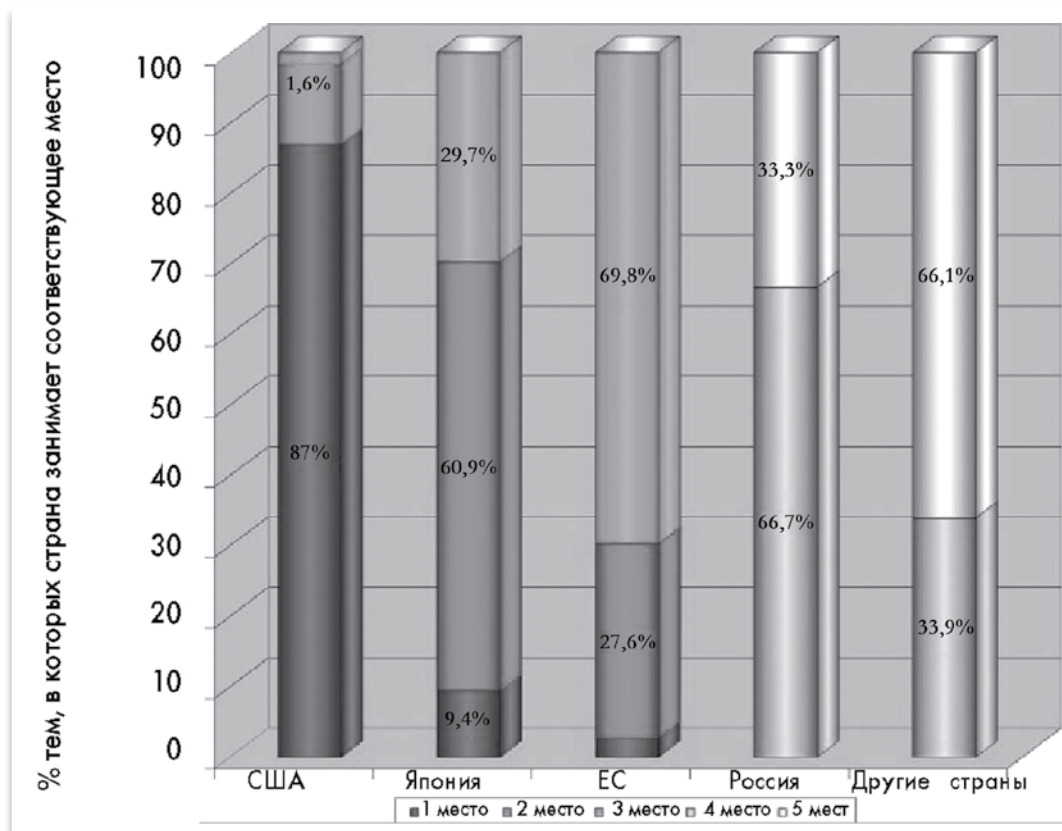
## 2. США: курс на укрепление технологического лидерства

Приобрела широкую известность и стала примером для многих стран, включая Россию, «Национальная нанотехнологическая инициатива» США, выдвинутая еще в 2000 г. президентом Б. Клинтоном. Эта инициатива призвана обеспечить США мировое лидерство в военной и экономической областях на многие десятилетия. Национальная нанотехнологическая инициатива (ННИ) представляет собой стратегический план, в котором отражается консенсус участвующих агентств относительно целей и приоритетов действий в нанотехнологической сфере<sup>1</sup>. Выделены восемь программных направлений, призванных обеспечить достижение целей ННИ. Программные направления разворачиваются в задачи соответствующих групп агентств. Планируемые инвестиции в рамках ННИ распределяются по отдельным агентствам, а в рамках каждого агентства – по программным направлениям. В настоящее время ННИ охватывает деятельность 25 федеральных агентств, у 13 – имеются свои бюджеты нанотехнологических исследований и разработок. Собственного бюджета у Национальной нанотехнологической инициативы нет, однако, планируя бюджеты агентств, она влияет на формирование федерального бюджета США (The National Nanotechnology Initiative, 2007, 2008). В рамках ННИ

<sup>1</sup> Как отметил Барак Обама в своей инаугурационной речи, «успех нашей экономики всегда зависел не только от объема ВВП, но и от того, куда наше богатство направлялось».

выделяются как важнейшие прикладные возможности нанотехнологий, так и исследовательские задачи, решение которых имеет критическое значение для реализации этих возможностей. Таким образом, ведомственные амбиции и интересы подчиняются национальным целям.

В США ежегодный межведомственный анализ уровней достижения целей и поддержания приоритетов НИИ прилагается к бюджетному посланию президента. Законом («Закон об исследованиях и развитии нанотехнологии в XXI веке») установлена периодическая экспертиза НИИ внешними консультативными органами. Речь идет об использовании двух независимых экспертных органов. Во-первых, при президенте действует Национальный нанотехнологический координационный совет (NNAP), консультирующий президента и Национальный совет по науке и технологиям в вопросах, касающихся НИИ. Этот экспертный орган каждые два года дает оценку федеральной программе нанотехнологических исследований. Во-вторых,



**Рис. 1.**  
Рейтинг лидерства стран в области наносистем и материалов  
*Источник:* (Соколов и др., 2009, с. 36)

в соответствии с законом раз в три года экспертизу ННИ должен проводить Национальный исследовательский совет при Национальных академиях (NRC/NA). Важно, что функции координации действий в сфере нанотехнологий и функции организационно-технического обеспечения (самой координации и ее экспертизы) в США выполняют разные органы. Таким образом, снижается влияние органов, в которых проводят экспертизу, на органы, проводящие такую экспертизу.

В настоящее время США являются признанным лидером в области наносистем и материалов (рис. 1). Стремление США к развитию компетенции в разных сферах нанонауки и нанотехнологии сопровождается выделением приоритетных направлений, наращиванием конкурентных преимуществ в этих направлениях. Известная американская организация Foresight Institute в конце 2007 г. опубликовала «Дорожную карту развития нанотехнологий» (Productive Nanosystems, 2007), в которой выделила для США два таких направления. Первое – разработка технологий атомарной точности для создания чистых источников энергии и рентабельной энергетической инфраструктуры. Второе – разработка технологий атомарной точности для создания наноструктурных медикаментов и многофункциональных терапевтических устройств для здравоохранения.

Обращает на себя внимание тот факт, что до 2009 г. самую большую долю в бюджете ННИ занимало Министерство обороны, а в 2010 г. лидерство должно перейти к Национальному научному фонду (NSF). Планируемые расходы разных правительственных агентств только на фундаментальные nanoисследования составляют 475,8 млн долл. (Supplement to the President's, 2009).

### **3. ЕС: лидерство по числу нанотехнологических публикаций не гарантирует успеха в «наногонке»**

Европа не сумела стать лидером в развитии информационных и коммуникационных технологий и теперь озабочена тем, что подобное же может произойти с технологиями новой волны. В «Шестой рамочной программе ЕС по научным исследованиям и технологическому развитию» (6РП) нанотехнологии фигурируют среди приоритетных направлений европейских научных исследований. Этот приоритет сохраняется и в «Седьмой рамочной программе ЕС по научным исследованиям и технологическому развитию» (7РП) (2007–2013 гг.). Европейская комиссия – крупнейший спонсор нанотехнологических исследований в Европе.

До сих пор в ЕС большие надежды в нанотехнологическом соперничестве возлагают на формирование своего рода «общего рынка» соответствующих исследований и на их активное финансирование. Однако пока объе-

диненная Европа добилась лишь лидерства по числу нанотехнологических научных публикаций, значительно уступая США, в частности, по числу нанотехнологических патентов (Хульман, 2009, с. 45).

При анализе причин отставания ЕС от США отмечаются как более слабая поддержка европейских нанотехнологических исследований со стороны бизнеса, так и менее четкая по сравнению с США и Японией научная и технологическая специализация объединенной Европы в быстро растущих областях знаний. При этом специализация США (медицинское оборудование, фармацевтика, специальное машиностроение, материаловедение) по многим направлениям отличается от специализации Японии (аудиовизуальная электроника, электронные компоненты, оптика, электротехника).

Некоторая специализация обнаруживается на уровне отдельных европейских стран. Деятельность многих компаний Германии (как и Японии) сосредоточена на разработке и производстве нанотехнологических инструментов (Хульман, 2009, с. 38). С учетом эмбриональной фазы развития шестого технологического уклада такой выбор способен обеспечить сильные позиции стран в фазе зрелости этого уклада в результате контроля над производством инструментальной базы нанотехнологий.

В связи с рассредоточением научных усилий ЕС по разным направлениям отмечается риск фрагментации и дублирования усилий, нехватки «критической массы» знаний (Key Figures, 2008–2009, p. 12). От такой фрагментации особенно страдают исследования, требующие комплексных подходов. Как следствие – европейская наука оказывается недостаточно представленной среди направлений, которые вносят ключевые вклады в технологическое развитие (Key Figures, 2007, p. 14).

Это приводит к выводу о необходимости улучшать (по примеру главных конкурентов) координацию и/или повышать централизацию ИиР программ в нанотехнологической сфере. Речь идет о концентрации финансирования на таких приоритетных областях, где у предприятий ЕС есть потенциал для существенного роста. Признается, что Европе не удастся сохранить свою конкурентоспособность на мировом уровне без обеспечения таким образом сравнительных преимуществ для будущего (The Future of EU Competitiveness, 2009, p. 17, 26).

Как будет показано в дальнейшем, отставание ЕС от США в наносоревновании во многом коренится в характере европейской промышленной среды (отраслевая структура, размеры компаний, уровень их конкурентоспособности). Поучительную заботу о состоянии этой среды демонстрирует Китай.

#### 4. Китай – новый претендент на лидерство в технологической сфере

Политика широкого привлечения прямых иностранных инвестиций (ПИИ) обеспечила Китаю превращение в мировой промышленный центр. Вместе с тем реальной стала перспектива оказаться в «ловушке технологических заимствований», грозящей консервацией отставания страны от мировых лидеров и постоянной выплатой им технологической ренты (Деметьев, 2006). Осмысление того, что Китай за счет ПИИ получает лишь малоценные роли в глобальных цепочках создания стоимости, привело к выработке курса на снижение зависимости от иностранных технологий, на достижение такого уровня «эндогенного» инновационного развития высоких стратегических технологий, который гарантирует национальную безопасность Китая, сильные позиции в глобальной научной и экономической конкуренции. В рамках этого курса нанотехнологии рассматриваются в качестве ключа к будущим экономическим успехам страны.

Еще в 1986 г. Китай принял «Национальную программу научных исследований в области высоких технологий», известную как «Программа 863». С 1997 г. в Китае реализуется «Национальная программа важнейших фундаментальных исследований» («Программа 973»), призванная обеспечить научную основу для будущего развития страны, выхода ее на передовые технологические рубежи. В замыслах по превращению Китая к 2050 г. в научную супердержаву решающий шаг намечен на ближайшие 15 лет.

С конца 1990-х годов Министерство науки и техники Китая (MOST) и Национальный фонд науки Китая (NSFC) наращивают поддержку развитию нанонауки и нанотехнологии. С тех пор соответствующие фундаментальные и прикладные исследования стали приоритетными в институтах китайской Академии наук (CAS) и многих университетах. Действуют два главных центра исследований в сфере наноматериалов и нанотехнологий – северный в Пекине и южный в Шанхае (Gu, Schulte, 2005, p. 11).

В Национальном плане долгосрочного развития на 2006–2020 гг. нанонауке и нанотехнологии посвящена одна из четырех национальных программ фундаментальных исследований. В сфере разработки китайских ученых находится большая часть аспектов нанонауки и нанотехнологии (Special issue, 2007). Вместе с тем приоритетное значение придается решению с помощью нанотехнологий энергетических и экологических проблем Китая, которые в следующие десятилетия станут еще более острыми для самой населенной страны мира. Симптоматична инициатива китайской Академии наук к 2050 г. провести разработки, направленные на превращение солнечной энергии в главный для страны источник энергии.

Развитию китайской нанотехнологии способствует не только финансовая поддержка центрального правительства и провинциальных администраций, но и высокий уровень международного сотрудничества, особенно с китайцами, живущими в Европе, Северной Америке и Японии (Appelbaum, Parker, 2007, p. 4). Кроме того, Академия наук Китая планирует в течение ближайших пяти лет пригласить к себе из зарубежных стран 1500 ученых, включая 600 выдающихся специалистов (Агентство Синьхуа, 2009, 12 января).

С 2001 г. Министерство науки и техники КНР и Госстандарт КНР реализуют проект разработки стандартов нанотехнологий и наноматериалов. Высокий уровень достижений в этой сфере рассматривается как одно из средств обеспечения ведущих позиций в нанотехнологическом соперничестве. Хотя Китай еще уступает лидерам в заявках на патентование технологий новейшей длинной волны, уже сейчас США и Китай воспринимаются как основные участники нанотехнологической гонки, в чем-то напоминающей некогда имевшее место соревнование за первенство в высадке человека на Луну между СССР и США (Nanotechnology to help China, 2007).

Курс на «прорыв в ряде ключевых общеприменяемых универсальных технологий, стимулирующих новые возможности», сочетается в Китае со стремлением «действенно оберегать и развивать такие ведущие отрасли, как черная и цветная металлургия, автомобилестроение, судостроение, нефтехимическая, текстильная, легкая промышленность, производство оборудования...» (Материалы второй сессии, 2009). Следует отметить и установку на реструктуризацию предприятий путем слияния ведущих и лидирующих предприятий в определенных отраслях с отсталыми и находящимися в трудном положении предприятиями, формирование вертикально интегрированных крупных предприятий и холдингов. При поддержке центральных ведомств 103 предприятия Китая уже стали экспериментальными центрами инноваций, подтягивая за собой другие предприятия, усиливая их потенциал новаторства и повышая конкурентоспособность. В течение ближайших 3–5 лет число экспериментальных предприятий увеличится до 500<sup>2</sup>.

Китаю предстоит решение исключительно сложной задачи – смена моделей экономического развития. При срыве эволюционного режима такой смены цель превращения Китая в технологического лидера может остаться недостигнутой.

## **5. Управление исследованиями и разработками в области нанотехнологий в России**

Некоторые меры, направленные на обеспечение развития нанотехнологий, предпринимались в России фактически одновременно с национальной нанотехнологической инициативой США. Так, еще в 2000 г. Правительство

<sup>2</sup> Агентство Синьхуа, 29 ноября 2007 г., <http://www.china.org.cn>.



РФ разработало и утвердило программу «Военная наноэлектроника Вооруженных Сил Российской Федерации» на период до 2010 года», уже 21 августа 2001 г. была принята Федеральная целевая научно-техническая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы». Постановлением Правительства РФ от 14 ноября 2002 г. № 825 в нее добавлены разделы, связанные с нанонаукой и нанотехнологиями. Финансирование по этим направлениям возросло с принятием Правительством РФ 6 июля 2006 г. Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы». В президентской инициативе «Стратегия развития nanoиндустрии» (поручение Президента Российской Федерации от 24 апреля 2007 г. № Пр-688) указывается, что участие России в создании нанотехнологий и формировании рынка соответствующей продукции определит ее реальное место в современном мире и, соответственно, ее экономические и политические возможности.

Инструментами государственной поддержки ИиР в области nanoиндустрии являются федеральные целевые программы: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», «Национальная технологическая база на 2007–2011 годы», «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы», «Федеральная космическая программа России на 2006–2015 годы»; «Государственная программа вооружения на 2007–2015 годы»; «Программа развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2006–2010 годы», а также программа Российской академии медицинских наук «Нанотехнологии и наноматериалы в медицине на период 2008–2015 годы», специализированный конкурс Российского фонда фундаментальных исследований. Комиссия РАН по нанотехнологиям разработала программу фундаментальных исследований Российской академии наук «Нанотехнологии», которая одобрена Общим собранием РАН.

Заметным шагом к преодолению ведомственной разобщенности работ по нанотехнологии стала «Комплексная программа научно-технологического развития и технологической модернизации экономики Российской Федерации до 2015 года». Необходимость эффективной координации работ в области nanoиндустрии подчеркивается и в «Программе развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года», принятой Правительством РФ 4 мая 2008 г. Как указывается в этой программе, объем производства продукции nanoиндустрии в России должен составить к 2015 г. более 900 млрд руб., или 3% мирового объема продукции nanoиндустрии. Общий объем финансирования программы до 2015 г. составит около 318 млрд руб.

Тем не менее улучшение координации действий в рассматриваемой сфере остается актуальной задачей. Как отмечает академик Алферов, хотя большая часть работ в области нанотехнологий и наноматериалов в нашей стране выполняется в РАН, программа «Развитие инфраструктуры наноиндустрии» разрабатывалась без участия РАН. И РАН не фигурирует в ней как государственный заказчик. Другие же ведомства, где ведутся подобные работы, в этой роли не представлены. Причины, по которым исследовательские организации РАН исключены из инфраструктуры наноиндустрии России (в эту программу включен лишь Институт металлургии РАН), нам не известны. Однако такое решение организаторов программы выглядит, по меньшей мере, странным (Алферов, 2008).

Среди основных принципов, положенных в основу формирования национальной нанотехнологической сети и представленных в «Программе развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года», фигурирует коллегиальность принятия решений, связанных с реализацией целей и задач программы, а также широкое использование независимой и межведомственной экспертизы в этих целях. Однако нормативные документы наделяют экспертными функциями многие организации таким образом, что эти функции пересекаются со сферой ответственности тех же организаций. Так, «Программой развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года» на Министерство образования и науки РФ, его Федеральное агентство по науке и инновациям («Роснаука») возлагаются и функции координаторов этой программы, и функции организации экспертных проверок хода ее реализации. Получается, что основной проверяемый организует деятельность своего проверяющего. Подобным образом контракт на обеспечение функционирования системы независимой экспертизы для принятия управленческих решений по реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» получило подведомственное Минобрнауки РФ государственное учреждение «Государственная дирекция целевой научно-технической программы» (Протокол, 2008).

Совмещение управленческих функций и экспертизы результатов реализации этих функций наблюдается и на уровне научного координатора Программы развития наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 г., в качестве которого выступает Федеральное государственное учреждение – Российский научный центр «Курчатовский институт». На него возлагается и проведение фундаментальных поисковых, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ в области нанотехнологий и наноматериалов, и научная координация планов таких работ,

исключающая дублирование их тематики, и экспертиза достигнутых результатов, и определение возможности их промышленного освоения. Такое совмещение не способствует сохранению научным координатором беспристрастности в отношении чужих разработок.

Принципиально усилить целенаправленное развитие отечественной nanoиндустрии могло бы выделение тех нанотехнологий, на основе которых Россия будет развивать или формировать сравнительные преимущества своей экономики в глобальной конкуренции. Однако нормативные документы до сих пор не дают на этот вопрос такого ответа, который способен служить надежным руководством к действию.

### **6. Финансирование – инструмент борьбы за лидерство в области технологий**

При анализе претензий стран на лидерство в области технологий традиционно рассматриваются такие показатели, как расходы на ИиР и доля этих расходов в ВВП. Мировым лидером по первому показателю являются США (см. таблицу).

Таблица

Валовые внутренние расходы на исследования  
и разработки (GERD) по паритету покупательной способности (PPP)

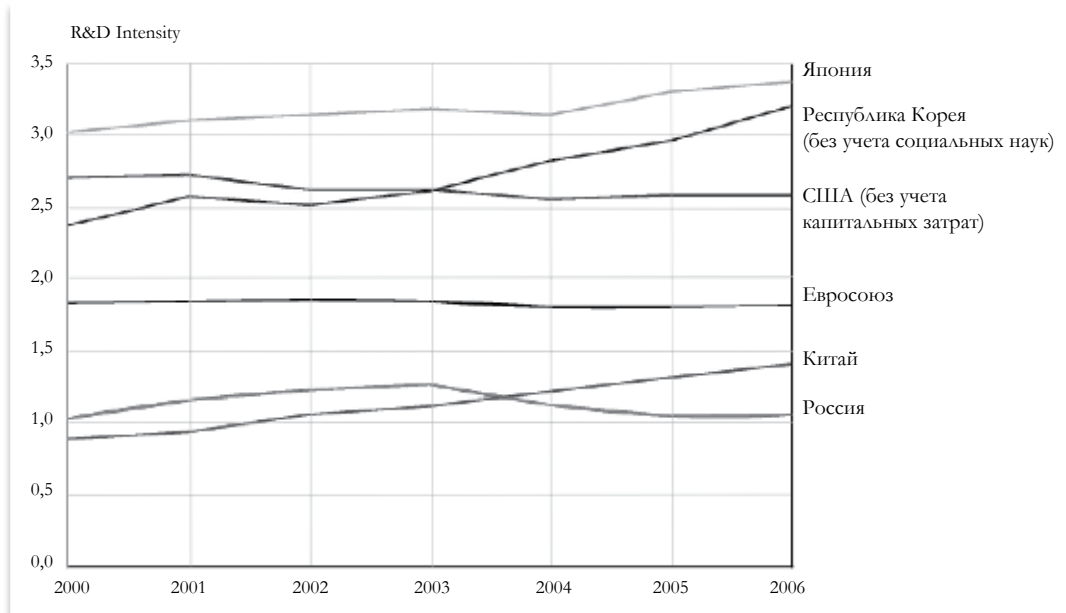
Годы	2007	2007	2008	2009
Страны	Доля ИиР в ВВП	GERD PPP, млрд долл.	GERD PPP, млрд долл.	GERD PPP, млрд долл.
США	2,62	362,713	376,864	376,011
Япония	3,39	142,857	143,857	142,796
Китай	1,42	99,971	122,706	141,019
Германия	2,53	70,531	71,811	70,697
Франция	2,11	43,396	43,736	43,134
Республика Корея	3,23	35,790	37,250	38,125
Великобритания	1,78	38,039	38,412	37,857
Россия	1,08	22,550	24,127	25,236
Канада	1,94	24,940	25,118	25,047
Индия	0,71	20,620	22,575	24,078

Источник: R&D Global Funding Forecast, 2009, p. 5.

По интенсивности исследований и разработок (доля затрат на них в ВВП) среди крупных участников нанотехнологической гонки лидирует Япония. Заметное отставание по этому показателю рассматривается ЕС в качестве угрозы для своих конкурентных позиций, в частности, по отношению к США (рис. 2).

Совокупное государственное, корпоративное и венчурное финансирование нанотехнологий, по оценке компании Lux Research, достигло в 2007 г. 13,5 млрд долл., из которых 6,2 млрд долл. – средства государства. Объемы венчурного финансирования нанотехнологий, по данным Lux Research, в 2006–2007 гг. впервые за восемь последних лет снизились с 738 до 702 млн долл. Одновременно увеличились вложения, приходящиеся на самые последние стадии коммерциализации: в 2007 г. они составили 68% объема всех венчурных инвестиций (Национальный доклад, 2008, с.120–121). С учетом паритета покупательной способности Китай по правительственным расходам на нанотехнологии уже вышел на второе место в мире, оттеснив Японию и Германию. Быстро растут в Китае и корпоративные расходы на эти цели, только за 2006 г. они увеличились на 68% (Top nations in nanotech, 2007).

Когда в повестке дня стоит вопрос о предстоящем дележе растущего с



**Рис. 2.**

Доля расходов на исследования и разработки в ВВП.

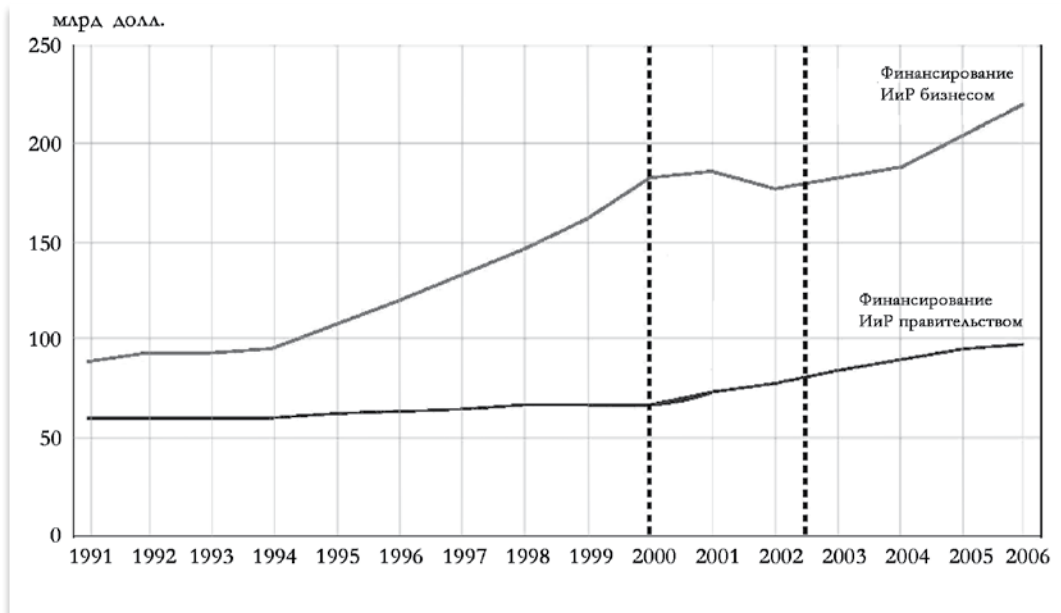
Источник: (Key Figures, 2008–2009, p. 20).

<sup>3</sup> По оценке Lux Research, рынок для основанных на нанотехнологии продуктов вырастет со 147 млрд долл. в 2007 г. до 3,1 трлн долл. в 2015 г., см. [www.luxresearchinc.com](http://www.luxresearchinc.com).

новой длинной волной инновационного пирога<sup>3</sup>, страны-лидеры даже в кризисных условиях не довольствуются возможностями концентрации ресурсов в точках роста за счет рыночной саморегуляции инвестиционных потоков. Сами лидеры быстро наращивают бюджетное финансирование нанотехнологических исследований, поощряют частные инвестиции в эту сферу. Конечно, кризисные ситуации сказываются на финансировании ИиР. Вместе с тем США продемонстрировали рост правительственных расходов на ИиР в кризисных условиях 2000–2002 гг., когда снижались частные расходы на эти цели (рис. 3). Подобная картина наблюдалась в Японии в 1991–1993 гг.

Следует отметить, что «Национальная нанотехнологическая инициатива» появилась в кризисный период, связанный с крахом в США так называемого «интернет-пузыря». Симптоматично, что отношение к нанотехнологической проблематике было одним из аспектов сопоставления Барака Обамы с Джоном Маккейном в качестве кандидатов в президенты США (Heintz, 2008). Сопоставление показало, что Барак Обама – здесь явный лидер.

Стремление обеспечить приоритетное финансирование ИиР не ослабевает в условиях кризиса и в Европе. Как говорится в докладе европейских комиссий, напротив, государства-члены должны сосредоточиться на подготовке к тому, чтобы максимально использовать следующий экономический



**Рис. 3.**

Валовые внутренние расходы на исследования и разработки (GERD) бизнеса и правительства США, 1991–2006 гг. Источник: (Key Figures, 2008–2009, p. 7)

подъем. В этих условиях связанные со знаниями меры и структурные реформы рассматриваются как значительно более важные, чем во время подъема экономики (Key Figures, 2008–2009, p. 3).

### **7. Влияние промышленной среды на интенсивность исследований и разработок и структуры их финансирования**

Более низкая интенсивность исследований и разработок в ЕС по сравнению с Японией, Кореей и США (см. рис. 2) вызвана относительно более слабой активностью здесь частного сектора. В 2004 г. частный сектор финансировал 64% общих расходов на ИиР в США, 67% – в Китае и 75% – в Японии и Ю. Корее и только 55% – в ЕС (Key Figures, 2007, p. 10).

Преимущество США с позиций интенсивности ИиР обнаруживает и сопоставление американской обрабатывающей промышленности с европейской, связанное с различиями в их структуре. В США доля высокотехнологичной продукции в добавленной стоимости обрабатывающей промышленности (18,3%) на 50% больше, чем в ЕС (12%). К тому же американские высокотехнологичные фирмы демонстрируют на 20% более высокую интенсивность ИиР по сравнению с европейскими компаниями. Это сказывается на том, что расходы высокотехнологичной индустрии на ИиР в США составляют почти 2/3 общих расходов обрабатывающей промышленности на эти цели по сравнению с менее чем 0,5 в ЕС (Key Figures, 2008–2009, p. 41).

Различия между ЕС и США в промышленной среде сказываются и на исследованиях в сфере нанотехнологий. Несмотря на большую общественную поддержку европейских нанотехнологий, частные инвестиции в их исследования остаются гораздо ниже по сравнению с главными конкурентами Европы. Если в ЕС треть общего финансирования нанотехнологических исследований обеспечивается из частных источников, то в США на них приходится 52%, а в Японии – почти две трети. Частное финансирование наноисследований в США по объему почти вдвое превышает финансирование ЕС. Здесь сказывается тот факт, что общее число нанотехнологических компаний в США намного больше, чем в Европе (Key Figures, 2007, p. 52).

Кроме того, европейские компании, главным образом расположенные в Германии и Великобритании, имеют намного меньший товарооборот, чем их американские конкуренты. В США в большинстве компаний, о которых имеются статистические данные, средний размер товарооборота составляет от 10 до 500 млн долл. Большинство германских и британских компаний намного меньше – с товарооборотом ниже 10 млн долл., в то время как в Японии преобладают компании с оборотом более 500 млн долл. (Хульман, 2009, с. 39).

Обеспечить в перспективе сдвиг структуры европейской экономики в сторо-

ну высоких технологий призван венчурный бизнес. Однако средний размер такого бизнеса в ЕС в девять раз меньше, чем в США (Key Figures, 2007, p. 12). Фактором, снижающим размеры европейского венчурного бизнеса, является его более низкая доходность. Препятствием для роста этой доходности могут быть трудности реализации кластерного (комплементарного) эффекта, характерного для нововведений формирующегося технологического уклада. Достижение такого эффекта требует определенной скоординированности как нововведений, так и лежащих в их основе ИиР. Как уже отмечалось, в ЕС наблюдается более высокая фрагментация исследований по сравнению с США, что связано и с менее тесными отношениями в Европе между наукой и практикой.

Если рассматривать Европу в целом, то объем ее государственных затрат на нанотехнологии окажется на близком к США уровне (Хульман, 2009, с. 36). Такое активное государственное финансирование нанотехнологических ИиР призвано компенсировать более низкие инвестиции в эту сферу со стороны частного сектора. Однако, как свидетельствует европейский опыт, государственные инвестиции в перспективные направления развития сферы ИиР не гарантируют того, что удастся нейтрализовать негативное влияние на нее со стороны сложившейся структуры производства. Она во многом определяет спрос на ИиР, на новые виды продукции и услуг.

Для развития нанотехнологий характерен кумулятивный эффект, проявляющийся в зависимости этого развития как от накопленного запаса знаний в других областях (см. например (Zucker et al., 2006)), так и от уровня развития промышленной среды.

## **8. Промышленная среда – ключевой фактор развития науки и инноваций в российской экономике**

Широко признается наличие дисбаланса между значительной по масштабу и объемам затрачиваемых средств научно-технической сферой и низким уровнем технологического развития базовых секторов отечественной экономики. При отсутствии видимого экономического эффекта от наращивания в последние годы государственных расходов на поддержку сохраняющегося научно-технического потенциала внимание правительства нередко фокусируется на организационных преобразованиях в этой сфере, на усилении стимулов коммерциализации результатов ИиР. Низкая отдача от такого рода мер способна подталкивать к новым экспериментам с научным сообществом, чреватым дальнейшим ослаблением научно-технического потенциала.

Необходимо, однако, учитывать, что научно-техническая сфера во многом остается заложницей состояния промышленной среды. Лидирующие позиции в мире во многих областях фундаментальной науки не могут

быть достигнуты из-за отставания почти во всех областях промышленных инноваций и базовых технологий. В таких условиях новые научные идеи и технологии не способны превращаться в инновационные рыночные продукты. Наука не может развиваться в условиях отсталого промышленного сектора, а возрождение науки и технологий не будет происходить без спроса со стороны отечественных предприятий на инновационную продукцию (Основные проблемы российской науки, 2008).

Модернизация отечественной промышленности осложняется «ловушкой координации». Необходимые крупные нововведения (технологические, продуктовые) имеют комплементарный характер, поскольку требуют совокупности взаимодополняющих изменений, выходящих за рамки отдельных фирм. Рыночные механизмы координации экономической деятельности могут в таких случаях не справиться с обеспечением необходимого снижения инновационных рисков («ловушка координации»), поддерживая тем самым инерцию технологической отсталости производства. Такое производство не предъявляет спроса на инновации высокого уровня (из-за комплементарности и выгод имитации), поэтому они не разрабатываются; отсутствие предложения, в свою очередь, тормозит формирование спроса. В частности, не предъявляется достаточный спрос на высококачественный человеческий капитал. Потенциальные новаторы не реализуют своего научного потенциала, занимаются рутинной работой, уезжают за рубеж. Из-за отсутствия новаторов фирмы не проявляют инновационной активности, технология производства остается отсталой. По мнению академика В.М. Полтеровича, описанный феномен является наиболее важным механизмом так называемой «ловушки (технологической) отсталости». Вероятно, именно этот механизм привел к тому, что за последние 60 лет лишь немногим развивающимся странам удалось перейти в разряд развитых (Полтерович, 2008).

Необходимо констатировать, что на протяжении всего периода реформ в российской экономике не предпринималось энергичных усилий, которые были бы направлены на преодоление этих ловушек с помощью соответствующей промышленной политики. Государство снижало свою долю в структуре инвестиций в основной капитал с 31,3% в 1995 г. до 23,9% в 2000 г. и 17,2% – в 2007 г. (РСЕ, 2008, с. 716).

Эффект комплементарности характерен для технологий не только отдельной длинной, но и разных волн. Это обстоятельство учитывается в Китае, оно отмечается и в США. Производства предшествующей волны – основной источник спроса на технологии следующей волны в начале ее подъема. Ожидается, что нанотехнологии не только приведут к возникновению новых отраслей, но и обеспечат революционные изменения в уже существующих



отраслях (Supplement to the President's, 2009).

Симптоматично то, как дается принципиально важное для развития nanoиндустрии определение нанопродукта. Если для нанотехнологий используется масштаб объекта или процесса в 100 нанометров и менее, то в продуктовой области такой подход некорректен. Помимо продуктов, непосредственно включающих в свой состав нанотехнологическую компоненту, производится (или может производиться) продукция, такой компоненты не имеющая. Учитываются случаи, когда производство этой продукции становится принципиально возможным только за счет внедрения нанотехнологий. Кроме того, в продуктовый ряд nanoиндустрии включают продукцию, для которой использование нанотехнологий заметно снижает производственные издержки, качественным образом меняет потребительские свойства (Национальный доклад, 2008, с. 116).

Очевидно, что при подобном определении нанопродукции перспектива вхождения в состав nanoиндустрии имеется у многих производств пятого технологического уклада. Такая перспектива отвечает самой природе нанотехнологии как базисной инновации (Mensch, 1979) или технологии широкого применения (Helpman, Trajtenberg, 1998). Эти технологии отличаются от обычных нововведений прежде всего тем, что в принципе имеют очень широкую область применения и поэтому при соответствующей модификации порождают целое дерево новых и часто дополняющих друг друга (комплементарных) технологий, оказывая влияние на многие отрасли народного хозяйства. Емкий внутренний рынок новейших технологий – наилучший инкубатор для подготовки к экспансии на внешние рынки.

Комбинирование технологий разных волн эффективно, когда позволяет продвинуться дальше с уже передовых рубежей. Обладая рядом достоинств нанокраска для автомобилей вряд ли сделает хитом продаж не обеспечивающую достаточного уровня комфорта и надежности модель. Тем более что такая краска придется по вкусу и лидирующим на рынке производителям автомобилей.

Отсталость российских производств пятого технологического уклада накладывает ресурсные и спросовые ограничения на развитие производств как текущей, так и следующей длинной волны, и на соответствующие ИиР. Исследование российских предприятий показало, что возникающие у инноваторов проблемы с поставщиками ограничивают не только потенциал освоения производства новой продукции, но и потенциал роста спроса на результаты ИиР (Засимова и др., 2008, с.165). Ликвидация отставания в сфере производств пятого технологического уклада – ключевой фактор улучшения среды для генерации знаний в российской экономике.

## 9. Выводы

Экономический кризис, проявивший исчерпание возможностей роста пятого технологического уклада на собственной производственной базе, предоставляет благоприятные возможности для улучшения промышленной среды странам, отстающим в развитии этого уклада (Дементьев, 2009). Речь идет о заимствовании наиболее эффективных технологий этого уклада у стран-лидеров, испытывающих трудности в реализации как конечной продукции, так и технологического оборудования. Именно по этому пути шли Россия и Япония в эпоху Великой депрессии. В обеих странах десятилетие 1930–1940 гг. было эпохой быстрой индустриализации, основанной на заимствовании западных технологий (Полтерович, 2009).

В «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года» указывается, что для создания эффективной национальной инновационной системы необходимо повысить спрос на инновации со стороны большей части отраслей экономики. Однако влияние импорта технологий на этот спрос трактуется односторонне – скорее, как фактор, ограничивающий спрос на инновации. Между тем такой импорт способен (хотя и с некоторым лагом) послужить фактором активизации спроса на отечественные инновационные разработки, формирования внутреннего рынка для новых технологий широкого применения. При импорте технологий необходим комплексный подход для преодоления «ловушки координации» на пути модернизации существующих отраслей.

Межотраслевой характер внедрения имеющих нанотехнологическую основу системных нововведений предъявляет повышенные требования к координации их применения, не замыкающиеся только на сферу собственно нанонауки и нанотехнологий.

Взятый корпорацией «Роснано» курс на поддержку проектов, формирующих технологические цепочки и научно-промышленные кластеры, отвечает потребности в преодолении и здесь «ловушки координации». Таковы – сопряженные проекты по производству солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» и созданию первого в России масштабного комплекса по производству поликристаллического кремния и моносилана, которые являются сырьем для производства солнечных батарей. Важно и то, что речь идет о завоевании позиций на очень крупном рынке солнечной энергетики, бурно развивающемся в последние годы. По данным Lux Research, общий размер этого рынка достиг в 2008 г. 33,3 млрд долл.<sup>4</sup>

Вместе с тем, как видно из «Стратегии деятельности государственной корпорации “Российская корпорация нанотехнологий” до 2020 года», структура инвестиций этого основного канала господдержки отечественной

<sup>4</sup> См.: <http://www.rusnano.com/Publication.aspx?PublicationId=1700>.

наноиндустрии не имеет столь четкой регламентации, как в ННИ. Требования к составу и содержанию проектов в области нанотехнологий, предлагаемых к финансированию за счет средств ГК «Роснано» («Роснано»), не предусматривают в явном виде учитывать то, что делается в рамках других федеральных целевых программ.

В повестке дня – преодоление отраслевых и ведомственных подходов к разработке и реализации инновационных проектов, усиление координации между развитием нанотехнологий и заимствованием технологий для модернизации отраслей пятого технологического уклада.

Тот факт, что усилия российских исследователей в сфере нанотехнологий охватывают многие направления, не гарантирует обретения отечественной экономикой конкурентных преимуществ в этой сфере. Здесь вполне применим вывод «Комплексной программы научно-технологического развития и технологической модернизации экономики Российской Федерации до 2015 года» о том, что «стратегия технологического развития и технологической модернизации должна базироваться на выделении тех направлений, в которых сохраняются сильные позиции отечественной науки и техники, направлений, по которым достижение лидирующих позиций возможно только за счет широкой международной кооперации, и тех, где модернизацию целесообразно осуществлять за счет заимствования чужого опыта и технологий». Вопрос о разграничении такого рода направлений развития технологий новой длинной волны остается открытым.

Противоречивое взаимодействие технологических укладов (конкуренция за ресурсы, с одной стороны, и взаимная подпитка ресурсами, с другой) существенно усложняет выработку стратегии действий в нанотехнологическом соперничестве. *Необходима стратегия, которая позволит преодолеть как «ловушку отсталости», так и «ловушку технологических заимствований».* Эта стратегия должна обеспечить использование имеющегося у страны научного потенциала. *Вместе с тем повышенного внимания заслуживают и влияние на инновации со стороны промышленной среды, и замыслы других участников нанотехнологической гонки.*

### Литература

Агентство Синьхуа (2009): Академия наук Китая планирует в течение будущих 5 лет пригласить к себе 1500 выдающихся ученых из зарубежных стран. [http://www.russian.xinhuanet.com/russian/2009-01/12/content\\_796992.htm](http://www.russian.xinhuanet.com/russian/2009-01/12/content_796992.htm).

**Алферов Ж.** (2008): Основа нанотехнологий – фундаментальная наука // *Индустрия*. № 41 (1459). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml?3+483+1>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

**Дементьев В.Е.** (2006): Ловушка технологических заимствований и условия ее преодоления в двухсекторной модели экономики // *Экономика и математ. методы*. № 4. С. 17–32.

**Дементьев В.Е.** (2009): Догоняющее развитие через призму теории «длинноволновой» технологической динамики: аспект «окон возможностей» в кризисных условиях // *Российский экономический журнал*. № 1–2. С. 34–48.

Долгосрочный прогноз (2008): Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2025 года. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.strf.ru/attach/prognoz\\_doc](http://www.strf.ru/attach/prognoz_doc), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

**Засимова Л.С., Кузнецов Б.В., Кузык М.Г.** и др. (2008): Проблемы перехода промышленности на путь инновационного развития: микроэкономический анализ особенностей поведения фирм, динамики и структуры спроса на технологические инновации. М.: МОНФ.

**Киселев В.Н., Корчмар Л.Л., Рубвальтер Д.А., Руденский О.В.** (2008): Инновационная политика в области нанотехнологий: опыт США и ЕС // *Информационно-аналитический бюллетень ЦИСиН*. № 1.

Материалы второй сессии (2009): Материалы второй сессии ВСНП и ВК НПКСК 11-го созыва. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://russian.china.org.cn/russian/102042.htm>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

Национальный доклад (2008): Национальный доклад. Инновационное развитие – основа модернизации экономики России. М.: ИМЭМО РАН, ГУ ВШЭ. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.hse.ru/data/760/832/1239/doklad.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

Основные проблемы российской науки (2008): Основные проблемы российской науки. Перспективные направления работ в области нанотехнологий в России. Онэксим группа. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.slideshare.net/onexim/nanopart1-2>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

**Полтерович В.** (2008): Принципы формирования национальной инновационной системы // *Проблемы теории и практики управления*. № 11. С. 8–19.

**Полтерович В.** (2009): Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации // *Вопросы экономики*. № 6.

Прогноз научно-технологического развития (2008): Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу (до 2030 г.)

Протокол (2008): Протокол № 3 заседания Конкурсной комиссии № 2 от 28 января 2008 года. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.fasi.gov.ru/fcp/compl/konkurs2008/fap-sie/prot3-01-28n.doc>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

РСЕ (2008): Российский статистический ежегодник. Статистический сборник. М.: Росстат.

**Соколов А.В., Пашнов С.А., Карасев О.И.** и др. (2009): Долгосрочный прогноз развития российской nanoиндустрии с использованием метода Дельфи // *Российские нанотехнологии*. № 5–6. С. 33–39.

**Тамбовцев В.** (2009): Финансовый кризис и экономическая теория // *Вопросы экономики*. № 1. С. 133–138.

**Хульман А.** (2009): Экономическое развитие нанотехнологий. Обзор индикаторов // *Форсайт*. № 1 (9). С. 30–47.

**Appelbaum R.P., Parker R.A.** (2007): Innovation or Imitation? China's Bid to Become a Global Leader in Nanotechnology. March 21. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.cns.ucsb.edu>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

Global R&D funding forecast (2009): Global R&D funding forecast // *R&DMagazine*. December 2008. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rdmag.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

**Gu H., Schulte J.** (2005): Scientific Development and Industrial Application of Nanotechnology in China. In: “*Nanotechnology: Global Strategies, Industry Trends and Applications*». J. Schulte (ed.). N.Y.: John Wiley&Sons, Ltd. P. 7–24.

**Heintz M.E.** (2008): Nanotech and the Candidates // *Nanotechnology Law Report*. August 25. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nanolawreport.com/2008/08/articles/nanotech-and-the-candidates>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

**Helpman E., Trajtenberg M.** (1998): A Time to Sow and a Time to Reap: Growth based on General Purpose Technologies. In: «*General Purpose Technologies and Economic Growth*». Helpman E. (ed.). Cambridge: MIT Press. P. 55–83.

**Hullmann A.** (2006): The Economic Development of Nanotechnology – An Indicators Based Analysis. European Commission, DG Research.

Key Figures (2007): Key Figures 2007 on Science, Technology and Innovation. Towards a European Research Area Science. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Key Figures (2008–2009): A More Research-Intensive and Integrated European Research Area. Science, Technology and Competitiveness Key Figures Report 2008/2009. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

**Mensch G.** (1979): Stalemate in Technology. Cambridge: Ballinger Publishing Company.

Nanotechnology to Help China (2007): Nanotechnology to Help China Become the Next Science Superpower? [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=1277.php>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

Productive Nanosystems (2007): Productive Nanosystems: A Technology Roadmap. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://foresight.org/roadmaps/Nanotech\\_Roadmap\\_2007\\_main.pdf](http://foresight.org/roadmaps/Nanotech_Roadmap_2007_main.pdf), свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

**Sargent J.F.** (2008): Nanotechnology and U.S. Competitiveness: Issues and Options. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL34493.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

Special issue (2007): Special Issue on Nanotechnology in China // *International J. of Nanotechnology*. January/February.

Supplement to the President’s (2009): Supplement to the President’s 2010 Budget. Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry.

The Future of EU Competitiveness (2009): The Future of EU Competitiveness. From Economic Recovery to Sustainable Growth. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bis.gov.uk>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

The Global technology (2006): The Global technology revolution 2020. Executive Summary: Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. Report for the National Intelligence Council. Santa Monica: RAND Corporation. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.cia.gov/nic/NIC\\_2020\\_project.html](http://www.cia.gov/nic/NIC_2020_project.html), свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

The National Nanotechnology Initiative (2007): The National Nanotechnology. Initiative Strategic Plan. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nano.gov>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

The National Nanotechnology Initiative (2008): The National Nanotechnology Initiative. Second Assessment and Recommendations of the National Nanotechnology Advisory Panel. Report of President's Council of Advisors on Science and Technology.

Top Nations in Nanotech (2007): Top Nations in Nanotech See Their Lead Erode. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.luxresearchinc.com/press/RELEASE\\_NationsRanking2007.pdf](http://www.luxresearchinc.com/press/RELEASE_NationsRanking2007.pdf), свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

Towards a European Strategy (2004): Towards a European Strategy for Nanotechnology. Brussels: Commission of the European Communities.

**Zucker L.G., Darby M.R., Furner J., Liu R.C., Ma H.** (2006): Minerva Unbound: Knowledge Stocks, Knowledge Flows and New Knowledge Production. NBER Working Paper № 12669.

*Поступила в редакцию 02.07.2009 г.*

V.Y. Dementiev,  
CEMI RAS, Moscow

### **Struggle for Nanotechno- logical Leadership: the USA, EU, China, Russia**

Russia's policy in the sphere of nanotechnology is compared with similar policies in the USA, EU and China. Influence of industrial structure on financing of R&D is shown. It is proved that modernization of the Russian manufacturing under the current long wave is the basic factor for successful participation of this country in the struggle for nanotechnological leadership.

*Keywords: nanotechnology, long waves, import of technologies, coordination trap.*

JEL classification: O32, O33, O38, O57.