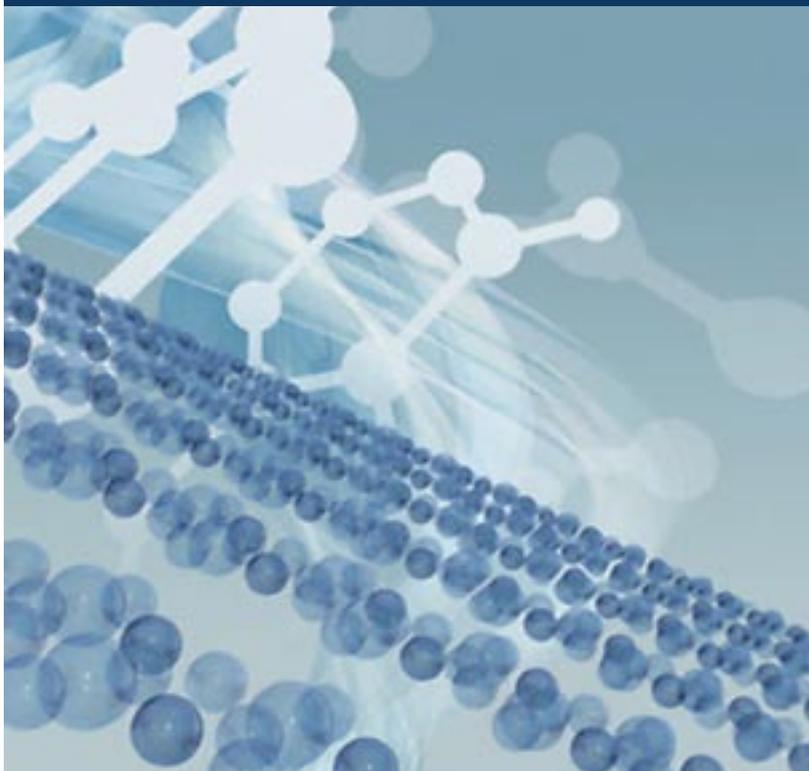


ФОРСАЙТ, ДОРОЖНЫЕ КАРТЫ и ИНДИКАТОРЫ в области нанотехнологий и nanoиндустрии



В рамках Международного форума по нанотехнологиям, проведенного 4-5 декабря 2008 г. Российской корпорацией нанотехнологий (Роснанотех) в г. Москве, Институтом статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) ГУ-ВШЭ была организована двухдневная секция, посвященная Форсайту, дорожным картам и индикаторам нанотехнологий.

Круглый стол

4 декабря 2008 г.

Вызовы и перспективы для развития nanoиндустрии

Модератор – Михаил Рычев, заместитель директора Российского научного центра «Курчатовский институт»

Во вступительном слове М. Рычев подчеркнул уникальность подобного мероприятия и кратко рассказал о Форсайт-исследованиях, внимание к которым в Европе значительно выросло за последние 15 лет и которые в настоящее время активно развиваются в России. Форсайт позволяет объединить интересы науки, бизнеса и политики, направив усилия на построение долгосрочных сценариев научно-технологического развития. Особо многообещающим представляется применение методологии Форсайта в таких новых и малоизученных областях, как нанотехнологии.

Работа секции началась с дискуссии о вызовах для развития наноиндустрии и ее перспективах. **Герд Бахманн** (Технологический центр VDI, Германия) сосредоточился на возможностях использования методологии Форсайта в сфере нанотехнологий и примерах из германского опыта. Технологический центр VDI является научно-исследовательской и консультативной организацией, которая оказывает поддержку Правительству Германии в сфере технологического развития на протяжении более чем 15 лет. Столкнувшись с новой и совершенно незнакомой областью нанотехнологий, специалисты центра для ее изучения остановили свой выбор на методологии Форсайта. Первый проект объединил 25 ученых и 25 представителей производственных предприятий, которые вначале должны были ответить лишь на один вопрос: что в данный момент важно для промышленности? Далее уже рассматривались сроки выполнения исследований, разработок и выпуска продукции. Оценки экспертов показали, что построение цепочки добавленной стоимости невозможно без реализации определенных мер: от развития исследовательской и производственной инфраструктуры до организации подготовки кадров и осуществления специальных образовательных проектов. Одними из ключевых факторов становления методологии Форсайта стали необходимость координации исследований и разработок (ИиР) с возможностями серийного производства товаров и услуг, а также рассмотрение процесса создания цепочки добавленной стоимости в более широком социально-экономическом контексте с учетом возможных рисков и ограничений.

Андрей Мальшев, заместитель генерального директора Государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий», рассказал о стратегии корпорации и обозначил направления ее деятельности. По его словам, необходимыми элементами построения стратегии корпорации являются выработка адекватного представления о перспективах развития наноиндустрии в мире, определение возможностей и приоритетных областей использования нанотехнологий в России. Среди ключевых задач Роснанотеха – коммерциализация разработок и координация инновационной деятельности в сфере наноиндустрии. Главным инструментом в этой связи выступают инвестиционные проекты, которые должны дать максимальный эффект в основных направлениях развития наноиндустрии в нашей стране. Существенное место в этом процессе занимают технологические дорожные карты, которые рассматриваются в рамках концепции стратегического развития до 2020 г. как база для планирования тематики, один из элементов экспертизы проектов и инструмент определения точек приложения усилий. Работа корпорации включает поддержку различных инфраструктурных программ, научных и образовательных проектов, развитие систем стандартизации, правового и информационно-аналитического обеспечения.

Прогнозирование развития наноиндустрии и осуществление целенаправленной политики в этой области требуют исследования ее особенностей и внутренней структуры, что, в свою очередь, невозможно без формулировки базовых определений и создания системы статистических индикаторов. Значимость такой

работы отразил в своем выступлении **Леонид Гохберг**, первый проректор ГУ-ВШЭ и директор ИСИЭЗ, который обратил внимание на тот факт, что нанотехнологии сегодня представляют собой не только область больших возможностей для инновационного роста, но и постоянно растущую зону неопределенности. На фоне развития наноиндустрии, заинтересованности населения в некоторых видах нанопродукции и наличия потенциала платежеспособного спроса (это показал недавний репрезентативный опрос взрослого населения страны, осуществленный ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ) сохраняются неоднозначность конечных эффектов распространения нанотехнологий и сопряженные с ними риски. Соответственно, одним из ключевых индикаторов развития нанотехнологий является их вклад в повышение качества жизни за счет совершенствования медицинского обслуживания, технологий жилищно-коммунального хозяйства, охраны окружающей среды и т.п. Задаваясь вопросами о тех инновационных перспективах, где нанотехнологии призваны сыграть решающую роль, важно помнить, что в России соотношение объема инновационной продукции и затрат на инновации пока остается одним из самых низких в мире. Аналогично выглядит и соотношение показателей затрат на науку и ее результативности (при почти экспоненциальном росте бюджетных расходов на науку ее результативность по ряду параметров выросла незначительно, а по некоторым – даже снизилась). Это объясняется не только реальным состоянием научного потенциала России, но и особенностями российской инновационной системы, которая характеризуется множеством институциональных барьеров и неэффективной организацией национальной модели науки, представленной преимущественно научно-исследовательскими институтами, в то время как в развитых странах основными производителями знаний являются экономические агенты, интегрированные в образование (университеты), и реальный сектор экономики (компании). Вместе с тем в отличие от других областей науки в сфере нанотехнологий, которые являются третьей технологической волной после информационно-коммуникационных и биотехнологий, впервые предпринимается попытка системного подхода к формированию институтов развития, организуется площадка взаимодействия, создается инфраструктура. Серьезной проблемой при этом может стать отсутствие критической массы не столько финансовых и материально-технических ресурсов, сколько человеческого капитала. Необходимыми условиями успешного развития нанотехнологий в контексте построения инновационной экономики, по мнению Л. Гохберга, являются ориентация государственных программ на спрос со стороны экономики и населения, обеспечение обратной связи между инвестициями и результатами в сфере науки, технологий и инноваций и, что не менее важно, системность и высокие темпы проводимых реформ.

Кристофер Палмберг (Директорат по науке, технологиям и промышленности ОЭСР) отметил интенсивный рост инвестиций в сферу нанотехнологий. Это обусловлено прежде всего высокими оценками ее экономического потенциала и ростом числа участников процесса развития нанотехнологий, среди которых все более усиливается роль таких стран, как Китай, Индия

и Россия. Ответом на современные вызовы стало создание в ОЭСР специальной рабочей группы, задачей которой является подготовка рекомендаций относительно новых целей и инструментов научно-технологической и инновационной политики, связанных с развитием нанотехнологий. В рамках группы началась работа по созданию системы индикаторов и статистики нанотехнологий. Проведен анализ текущего состояния и направлений развития нанотехнологий, включая сектор исследований и разработок, производство и потребление продукции. К настоящему времени обобщен опыт различных государств в области статистики нанотехнологий (исследовано 50 случаев в 16 странах), ведется работа по формированию статистической модели. Существующее сегодня общее определение нанотехнологий остается слишком широким. Не хватает списков конкретных технологических направлений и примеров продуктов, что создает дополнительные сложности для оценки реального состояния данной сферы. Вызовы нанотехнологий принимают глобальный характер, поэтому особое значение приобретает международное сотрудничество в области стандартизации. По мнению К. Палмберга, этот процесс должен осуществляться при активной поддержке различных государств с учетом общественного восприятия нанотехнологий и использования лучших исследовательских практик.

Круглый стол

4 декабря 2008 г.

Мировые тенденции развития нанотехнологий

Модераторы – Герд Бахманн (Технологический центр VDI, Германия) и Александр Наумов, директор Департамента научно-технической и инновационной политики Министерства образования и науки Российской Федерации

Христос Токамнис, руководитель отдела нано- и конвергентных наук и технологий Генерального директората по научным исследованиям Европейской Комиссии, представляя программу действий по развитию нанотехнологий в странах Европы, подчеркнул, что общая миссия ЕС в этом вопросе может быть описана тремя основными положениями. Первое состоит в поддержке лидирующих на мировом уровне направлений наноиндустрии Европы, основанных на результатах передовых исследований. Второе положение предполагает привлечение максимальных социальных, экологических и экономических преимуществ от поддержки системных исследований и разработок в сфере нанотехнологий, демонстрирующих новые практические приложения. Наконец, третье направление работы ориентировано на обеспечение мирового лидерства в формировании системы информации о потенциальных рисках и контроле безопасности в использовании нанотехнологий и связанной с ними продукции. Как отметил Х. Токамнис, для развития нанотехнологий важно построение инновационной системы, предполагающей: расширение возможностей в области нанодизайна, инженерии и производства; формирование доступной и адаптивной

исследовательской инфраструктуры; высокие темпы передачи технологий и представление новых продуктов. Эти вызовы должны учитываться в будущих мероприятиях ЕС по развитию наноиндустрии.

Исследованию технологических изменений в рамках инновационной стратегии ОЭСР был посвящен доклад **Фреда Голта** (Исследовательский центр международного развития, Канада). Работа по подготовке инновационной стратегии ОЭСР, начавшаяся в 2007 г., направлена на проведение сравнительного анализа, создание коммуникационных площадок и разработку новых индикаторов для инновационной экономики, поддержку инициатив в благоприятной для инноваций деловой среде, распространение лучших практик и рекомендаций для принятия политических решений, основанных на фактах. Инновации предлагается рассматривать как на уровне конкретных продуктов и процессов, так и в более широком контексте изменения промышленных структур и практик, развития рынков и трансформации общественного сектора. Инновации нельзя игнорировать, поскольку они открывают новые варианты для взаимодействия в глобальном масштабе (например, в отношении возрастающего влияния Китая и Индии), предоставляют возможности для функционирования в условиях сложных экономических взаимосвязей, быстро меняющейся среды и нелинейного характера отдачи от политического регулирования. Каждая страна имеет свою инновационную, технологическую и производственную стратегию, которая требует осмысления. Ожидается, что в 2010 г. ОЭСР представит анализ, индикаторы и лучшие практики по таким направлениям, как изменяющаяся природа инноваций, человеческий капитал, кумулятивный капитал деловых сетей, взаимодействие рынка и государства, глобальные инновационные направления и системы их измерения. Развитием инноваций в сферах ИКТ, био- и нанотехнологий уже сегодня заняты специально сформированные рабочие группы. Таким образом, инновационная стратегия ОЭСР в целом формирует возможности для устойчивого экономического роста, частью которого является прогресс в применении новых технологий. Вместе с тем, еще потребуются тщательные исследования и продолжительная работа по формированию системы определений, стандартов и статистики возникающих технологий, которая сейчас находится в самом начале.

О программах развития нанотехнологий в России рассказал **Олег Нарайкин**, заместитель директора Российского научного центра «Курчатовский институт». Существующая система организации науки и производства, отметил докладчик, вступает в противоречие с природой нанотехнологий как междисциплинарной области. Ответом на этот вызов должно стать формирование новых рынков продуктов и услуг, где Роснано уже играет роль своеобразного «заменителя» бизнеса, структурируя потоки инновационных проектов. Программа развития нанотехнологий радикально отличается от других аналогичных программ (например, атомной и космической) масштабами деятельности и организацией планирования. Она предусматривает развитие инфраструктуры наноиндустрии и объединяет более 300 научно-исследовательских, образовательных

и других организаций, осуществляющих инновационную деятельность и обеспечивающих ее финансовую поддержку. В настоящее время российский рынок имеет примеры подготовки продукции наноиндустрии в области медицины, светотехники, электротехники и новых материалов. Основными же проблемами развития наноиндустрии в России, по мнению О. Нарайкина, являются критическое устаревание базовых компонентов инфраструктуры и отсутствие должной координации работ в сфере нанотехнологий. Это компенсируется высоким уровнем исследований и разработок, но требует четкой организации взаимодействия всех участников программ развития наноиндустрии.

Доклад **Мэтью Нордана**, президента компании Lux Research (США), был посвящен анализу рынков нанотехнологий и возможностям, которые они открывают для России. После краткого представления деятельности компании, специализирующейся на анализе и консультировании в области передовых технологий, была показана «картина» эволюции нанотехнологий в сравнении с более привычными технологическими областями. Биологически активные добавки, спортивная одежда из нейлона, электронная почта и интернет-магазины плотно вошли в повседневную жизнь и давно не вызывают удивления. Теперь очередь за нанотехнологиями, которые уже прошли стадию открытия и нашли практическое воплощение в таких направлениях, как электроника (микросхемы, аккумуляторы высокой емкости), новые материалы (водо- и грязеотталкивающие покрытия), медицина (лекарства адресного воздействия), вступив, таким образом, в период коммерциализации. Рынок продукции, произведенной с применением нанотехнологий, по оценкам LUX Research, составил 150 млрд долл. в 2007 г., а к 2015 г. прогнозируется его рост до 3.1 трлн долл. При столь оптимистичных прогнозах важно выбрать правильную национальную стратегию инновационного развития. Сегодня, по мнению М. Нордана, у России есть прекрасные возможности для занятия лидирующих позиций на мировом рынке нанотехнологий. Первые в мире результаты в области нанотехнологий (наблюдение квантового ограничения) были получены именно российскими учеными из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе еще в 1980-е гг., но отсутствие патентов на важные изобретения в этой области, серьезные кадровые потери, которые страна понесла в 1990-е гг., и специфика национальной инновационной системы сильно подорвали позиции России в коммерциализации нанотехнологий. Сегодня рынок российской нанотехнологической продукции характеризуется низким технологическим уровнем, хотя это несколько компенсируется быстро растущей исследовательской активностью. Главный вызов для России, заметил М. Нордан, состоит в том, чтобы грамотно распорядиться появляющимися возможностями и реализовать нарастающий инновационный потенциал.

О «новом мышлении» в инновационной политике применительно к нанотехнологиям говорил в своем докладе **Люк Джорджи**, директор Института инновационных исследований Манчестерского университета (Великобритания). Отправной точкой его выступления стал вопрос о том, при каких условиях нанотехнологии

могут содействовать решению проблем, вызванных мировым экономическим кризисом, который, напомнил автор, обращаясь к логике экономических циклов, не является уникальным явлением. Разрыв во времени, который возникает между пиками экономического роста, объясняется с точки зрения баланса спроса и предложения. Исследовательский опыт, в свою очередь, показывает, что максимальный экономический вклад появляется не из инновации как таковой, а от полноты ее использования. Существующий сегодня разрыв между политической риторикой, аплодирующей «обществу знания», и реальными приоритетами, демонстрирующими низкую готовность к работе в новых экономических условиях, требует от руководства стран Европы решительных действий по формированию принципиально иной парадигмы развития, которая должна обладать высокой степенью гибкости и адаптивности. Это возможно при создании рынка инновационных продуктов и услуг, обеспечении ресурсной поддержки для ИиР и инноваций, развитии структурной мобильности в Европе и культуры предпринимательства. Предстоит обеспечить здоровую исследовательскую среду и переориентацию стратегии прикладных исследований на реализацию европейской инновационной политики. Смогут ли нанотехнологии при соблюдении подобных условий ответить на экономические, социальные и технологические вызовы, существующие в современном обществе? Результаты исследования, проведенного группой экспертов Манчестерского университета, показали, что нанотехнологии находятся на ранней фазе развития и, несмотря на потенциальную способность ответить на большинство указанных вызовов, сами требуют регулирования. Поэтому успешность реализации экономического потенциала нанотехнологий зависит от того, насколько удачно они будут вписаны в новую инновационную политику.

В докладе **Михаила Рычева** была рассмотрена структура национальной нанотехнологической сети, сформированной в рамках Федеральной целевой программы «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2010 годы». Принимая во внимание то обстоятельство, что нанотехнологии в России формируются в условиях недостаточной координации работ и изношенности значительной части инфраструктуры, особую роль в развитии наноиндустрии играют поддержка национальных образовательных центров (усиление кадровой составляющей), создание технологических платформ нанотехнологической сети и решение ряда организационно-экономических (помощь в коммерциализации и т.п.) и правовых (в том числе повышения статуса исследовательских учреждений) вопросов. Курчатовский институт – это головная научная организация национальной нанотехнологической сети, основными функциями которой являются научная и методическая координация исследований, разработок и коммерциализации технологий, проведение комплексной научной и технологической экспертизы, координация проектов международного научно-технического сотрудничества и научно-методическое обеспечение подготовки специалистов. Эта деятельность призвана поддержать развитие отечественной наноиндустрии и реализацию ее потенциала.

Как понять, имеет ли тот или иной проект отношение к нанотехнологиям? Этот вопрос был освещен в выступлении **Луи Лорана**, руководителя нанопрограммы Национального научно-исследовательского агентства Франции, который рассмотрел проблемы экспертизы проектов в сфере нанотехнологий. В 2007 г. в Агентство поступило более 5.5 тыс. заявок; из них было отобрано приблизительно 25% с общим объемом финансирования 607.4 млн евро. В условиях растущей популярности нанотехнологий, которые нельзя назвать самостоятельной научной дисциплиной (скорее, речь может идти об объединении различных естественнонаучных дисциплин и технологий вокруг наноразмерных явлений), серьезное значение приобретает построение простой и адекватной процедуры отбора и экспертизы проектов. Предложенная докладчиком модель предполагает рассмотрение заявки с позиции науки и технологий, с учетом общественного представления и восприятия инновационных разработок населением и при условии сохранения связи с традиционными исследовательскими направлениями. Особое внимание Л. Лоран обратил на общественное мнение, от которого в конечном счете зависит спрос на продукцию сферы наноиндустрии. Обманутые ожидания потребителей нанотехнологической продукции являются одним из ключевых рисков, которые следует учитывать в проектах, имеющих прикладной характер. При оценке проектной заявки важно не только оценить разнообразные риски, но и выделить отличительные особенности новой области знания. В организационном плане это требует соблюдения определенной процедуры отбора и привлечения экспертов из различных отраслей науки, технологий и производства. На первом этапе экспертизы отбираются заявки общенаучного характера, направленные на решение фундаментальных проблем. Затем выделяются проекты, предполагающие работу со специфическими процессами или эффектами, связанными с нанотехнологиями. Наконец, на третьем этапе отбираются проекты, предполагающие практическое применение нанотехнологий с целью достижения определенного социально-экономического эффекта. Таким образом, общая логика научно-технологической экспертизы в области нанотехнологий предполагает связь с фундаментальной наукой и поиск конкретных областей использования нанотехнологий.

Круглый стол

4 декабря 2008 г.

Показатели и измерение нанотехнологий: общая концепция и национальная практика

Модераторы – **Фред Голт** (Исследовательский центр международного развития, Канада) и **Александр Кевеш**, заместитель руководителя Федеральной службы государственной статистики (Россия)

Поставленные на круглом столе вопросы о возможности статистического измерения нанотехнологий обсуждались в ходе специальной сессии. Открыл ее

доклад **К. Палмберга**, который привлек внимание к деталям долгосрочного проекта по созданию системы показателей для измерения нанотехнологий. В настоящее время перед международной статистикой стоит задача стандартизации методологии статистических обследований нанотехнологий и сбора новых данных, пригодных для международных сопоставлений. Специалисты ОЭСР пытаются оценить инвестиции в эту сферу, направления финансовых потоков, их структуру, доли исследований и разработок в каждом виде деятельности, долгосрочные социально-экономические эффекты. Исследователи опираются на различные источники информации, включая статистические обследования, библиометрические и патентные базы данных. Тем не менее имеющейся информации недостаточно для принятия стратегических решений. Главным вопросом остается выбор единого определения нанотехнологий. С одной стороны, такое определение нанотехнологий отвечает основным потребностям политики в этой области, с другой – оно не отражает специфики отдельных направлений нанотехнологий. Это противоречие предлагается решить путем введения так называемого списочного определения, которое должно дополнить представление о нанотехнологиях и областях их применения. Опираясь на библиометрические данные и патентную статистику, уже сегодня можно выделить страны, лидирующие в сфере нанотехнологий. Прежде всего это США и Япония, в Европе – Германия, Франция и Великобритания. Все более заметны Китай, Корея, Индия и Россия. Если говорить о направлениях использования нанотехнологий, то пальму первенства делят электроника, приборостроение, химические вещества и материалы, фармацевтика и биотехнологии. В планах ОЭСР на период до 2010 г. – обсуждение методологических вопросов статистики нанотехнологий и других возникающих технологий, обобщение исследовательского опыта разных стран, построение системы индикаторов для сферы нанотехнологий и проведение модельных обследований.

Все подходы к измерению нанотехнологий в той или иной степени сталкиваются с необходимостью введения единого определения, номенклатуры и классификаций. Эту тему развил в своем выступлении **Клайв Уиллис**, глава технического комитета по нанотехнологиям Международной организации по стандартизации (ISO), особо отметив, что стандарты в сфере нанотехнологий играют важную роль в развитии коммерческих приложений и продуктов. Обязательными требованиями к номенклатуре и определениям, разработкой которых занята ISO, являются их надежность, защищенность и прозрачность. Это должно помочь потребителям обрести уверенность в безопасности нанотехнологий и продуктов, произведенных на их базе. Требуется установить такие принципы, включая и статистику, которые стали бы основой для дальнейшего развития отрасли. Технический комитет ISO состоит из четырех рабочих групп: первая занимается терминологией и номенклатурой; вторая группа изучает вопросы измерений и характеристик; третья группа сосредоточена на здравоохранении, безопасности и экологии; чет-

вертая занята спецификацией материалов. В рамках деятельности рабочих групп предприняты попытки выработать четкую и единообразную терминологию для описания и определения нанотехнологий понятным и однозначным образом, предложены определения наношкалы и два рабочих определения нанотехнологий и наноауки в целом, которые должны стать терминологической основой для будущих научных исследований, решения технических, коммерческих и регламентирующих вопросов. Пока подготовлена только номенклатура нанообъектов. Ожидается, что терминология и проект классификации для наноматериалов будут представлены в 2009 г. Затем планируется развитие терминологии в области медицины, бионанотехнологий, измерений, наноструктурированных материалов. Намечаются развитие интегрированной терминологической базы данных и мониторинг научных достижений в сфере нанотехнологий в целях расширения классификационных номенклатур.

Рассмотрению национального опыта статистических исследований нанотехнологий были посвящены два выступления. **Л. Гохберг** рассказал о подходах к созданию системы статистики нанотехнологий в России. Особенности, характерные для сферы нанотехнологий, в том числе темпы развития, степень дифференциации, адаптивность, междисциплинарность, потенциальная разрушительность и др., диктуют необходимость выработки весьма специфических подходов к статистическому измерению. Развитие нанотехнологий обозначило новую парадигму в статистике, ориентированную на нелинейную модель инноваций и измерение социально-экономических эффектов науки и технологий. Ответом на вызовы нанотехнологий должна стать единая система статистических и Форсайт-исследований, которая обеспечит взаимосвязь между разными инструментами анализа и позволит отслеживать актуальные тенденции развития и распространения нанотехнологий. В российскую практику ежегодных статистических наблюдений уже введены дополнительные показатели, характеризующие развитие нанотехнологий (затраты на исследования и разработки, задействованные на нанотехнологии; объем отгруженной продукции, связанной с нанотехнологиями, по видам экономической деятельности; число созданных и используемых нанотехнологий и др.); ведется разработка инструментария для организации специализированного статистического обследования сферы нанотехнологий. Параллельно идет работа над созданием системы классификаций направлений нанотехнологий и связанных с ними продуктов и услуг. Ожидается, что в своей развитой форме статистика нанотехнологий в России должна будет охватывать такие области, как исследования и разработки, коммерциализация технологий, инновационная деятельность, производство продукции и услуг, распространение и использование нанотехнологий.

Чак Макнивен, руководитель отдела развивающихся технологий Статистической службы Канады, представил методологию и результаты пилотного обследования нанотехнологий. Канадский опыт де-

монстрирует, что нанотехнологии присутствуют в различных отраслях, включая биотехнологии, здравоохранение, сельское хозяйство, электронику и компьютерные технологии, охрану окружающей среды, энергетику, оптику, добывающую и обрабатывающую промышленность. Это значительно расширяет круг областей применения, приведенных в докладе К. Палмберга. При этом, заметил Ч. Макнивен, важно ответить на целый ряд вопросов: что такое нанотехнологии? кто является актором в сфере нанотехнологий и каковы взаимосвязи между ними? где существуют нанотехнологии? почему их используют? каковы результаты применения нанотехнологий? сколько ресурсов было затрачено на нанотехнологии?

Эти вопросы задали методологическую рамку национального обследования, которое было проведено Статистической службой Канады в 2007 г. Результаты выглядят не столь «эффектно» (только 88 компаний заняты в сфере нанотехнологий), как это представляют некоторые исследования рынков, но дают более реалистичную картину происходящего и, что особенно важно, обозначают конкретные методологические проблемы, связанные с организацией статистики в данной сфере. В частности, речь идет о трудности выявления границ обследуемой совокупности, представляющей собой не просто сложную, но и развивающуюся область, обладающую множеством характеристик, часть из которых пока не известна. В то же время исследование продемонстрировало, что при всей сложности нанотехнологии могут быть измерены статистическими методами при должном уровне методологической подготовки. В планах канадских статистиков включить в наблюдение сектор исследований и разработок, уточнить предложенные определения и методологию обследований, продолжить активное международное сотрудничество в области развития статистики нанотехнологий.

Круглый стол

5 декабря 2008 г.

Форсайт в сфере нанотехнологий: основные принципы и лучшая практика

Модератор – **Люк Джорджиу** (Институт инновационных исследований, Манчестерский университет, Великобритания)

Второй день работы секции, посвященной принципам и методологии Форсайта, открыло выступление **Йана Майлса** (Институт инновационных исследований Манчестерского университета, Великобритания), в котором автор рассказал о трех волнах Форсайт-проектов в Великобритании. В период первой волны Форсайта (1994–2000) о нанотехнологиях в экспертном сообществе практически не упоминали. Внимание было сфокусировано в основном на микроэлектронике и информационно-коммуникационных технологиях. В рамках второй волны (2000–2002) велись дискуссии о конструкционных материалах, энергетике и природных ресурсах. В этот период появились первые оценки перспектив применения

и развития нанотехнологий, заявления об их важности для развития современного общества в Великобритании. В 2002 г., когда завершился второй цикл Форсайта, уже были разработаны весьма серьезные программы, касавшиеся применения нанотехнологий в строительстве и энергетике; заговорили о новой промышленной революции: нанопроизводстве, метрологии, новых функциональных возможностях, наноматериалах и наноустройствах. Третий цикл Форсайта стартовал в 2002 г. Новая серия исследований предполагала комбинацию различных методов работы, смещение фокуса в сторону специальных областей (например, прогнозирование технологических возможностей будущего или общественная потребность в решениях, основанных на функциональных возможностях нанотехнологий). В 2006 г. нанотехнологиям было посвящено 18 из 146 тем Форсайт-проектов в Великобритании. К примеру, в составе сценариев развития нанотехнологий были выделены следующие тематические направления: информатика, точная инженерия и медицина, инструменты и метрология, система доставки лекарств, новые материалы, сенсоры и актуаторы. Проект был нацелен на определение позиций Великобритании в выделенных областях, оценку факторов влияния и построение успешных сценариев развития наноиндустрии. Текущая программа британского Форсайта, отметил в заключение Й. Майлс, настолько обширна, что отразить ее в одном выступлении невозможно. Будущее нанотехнологий тесно связано с национальными приоритетами научно-технологического развития, решениями стратегических задач, разработкой промышленных дорожных карт, взаимодействием с международными организациями и т.д.

Александр Соколов, директор Международного научно-образовательного Форсайт-центра ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ, отразил в своем выступлении российское понимание Форсайта как системы методов экспертной оценки стратегических перспектив инновационного развития и выявления технологических преимуществ, которые окажут сильное влияние на экономику в средне- и долгосрочной перспективе. В России существует довольно много инициатив в области Форсайта, начиная с проектов сугубо научного характера и заканчивая крупными инициативами, связанными с проблемами развития общества, образования и т.п. Нанотехнологический Форсайт, напротив, реализуется впервые. Согласно результатам недавно завершеного проекта, выполненного по заказу Министерства образования и науки РФ и посвященного оценке перспектив развития науки и технологий в России до 2025 г., наиболее благоприятные возможности для нанотехнологий российские эксперты видят во встраивании в глобальные цепочки создания стоимости. Другой крупный проект осуществляется Роснанотехом с целью определения средне- и долгосрочных перспектив рынков наноиндустрии. По словам А. Соколова, общая идеология Форсайта для наноиндустрии строится в направлении от целей к средствам. Другими словами, изучение будущих вызовов и анализ возможных социально-экономических эффектов развития нанотехнологий

определяют особенности формирования перспективных рынков продукции, произведенной с использованием нанотехнологий, и собственно те группы нанотехнологий, которые наиболее важны для производства таких продуктов. Инструментом связи будущих рынков с развивающимися нанотехнологиями является система дорожных карт, в подготовке которых принимают участие ведущие российские ученые и специалисты-практики. Вслед за построением технологических дорожных карт, отражающих связь технологий и областей их конкретного применения, планируется формирование «бизнес-карт» – своеобразного разворота цепочки добавленной стоимости в направлении от настоящего к будущему. На этой основе предполагается рассмотреть возможности практической реализации соответствующих инновационных проектов, выявить необходимые ресурсы и рыночные перспективы для производства тех или иных продуктов, оценить возможный уровень окупаемости инвестиций.

О применении методологии Форсайта в нанотехнологическом секторе рассказал **Рафаэль Поппер** (Институт инновационных исследований Манчестерского университета, Великобритания). Британская традиция предлагает рассматривать Форсайт как интерактивный открытый процесс анализа, консультаций и коммуникаций, в результате которого вырабатываются будущие стратегии развития общества в различных сферах жизнедеятельности. Форсайт представляет собой сложно организованный проект и потому требует тщательного планирования. В зависимости от специфики изучаемой области подбирается определенная комбинация методов, которая позволяет лучше понять ее специфику. Особое место занимает анализ так называемых wild-cards – потенциально разрушительных для отрасли событий и ситуаций, но ожидаемая вероятность наступления которых невелика. Отвечая на вопрос, какие методы используются в Форсайт-проектах для сферы нанотехнологий, Р. Поппер привел несколько примеров. Так, при построении альтернативных сценариев развития нанотехнологий для стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) был сделан обзор литературы, проведена экспертная оценка тенденций развития и основных драйверов рынка, сформированы рабочие группы, организованы специальные обследования. В Форсайте для полупроводниковой промышленности Тайваня, направленном на подготовку рекомендаций по развитию отрасли, были проведены мини-опросы методом Дельфи, SWOT-анализ, построены технологические дорожные карты. Аналогичный подход применяется и в Форсайте российской наноиндустрии. В среднем в Форсайт-проекте используется около 5-6 различных методов. В заключение было подчеркнуто, что универсального или тем более «идеального» рецепта проведения Форсайта не существует. Методология определяется поставленными целями, а комбинация методов зависит от многих факторов – бюджета проекта, доступности экспертизы, наличия политической поддержки, технологической и физической инфраструктуры, времени и, конечно, человеческих ресурсов.

Форсайт, рассматриваемый в Германии как метод интегрированного управления технологиями, признан лучшим подходом к определению возможностей будущего. Немецкий опыт Форсайт-проектов в области нанотехнологий, уже в рамках специального доклада, представил **Г. Бахманн**. С его точки зрения, весьма важно четко установить цели и масштаб будущего прогноза, которые, в свою очередь, задают основные критерии и рамки предстоящей работы. Вместе с тем наблюдаемый в мировой экономике промышленный спад обозначает объективные факторы и ограничения развития исследуемой области – подходящие цены, конкурентоспособность, приемлемость и возможность для общества адаптировать ту или иную продукцию в конкретной ситуации. В совокупности указанные факторы позволяют выявить краткосрочные, а затем и долгосрочные перспективы для производства нанотехнологической продукции. Применительно к инструментам Форсайта это означает необходимость сфокусироваться на трех элементах работы: идентификации технологического поля, его оценке и передаче результатов или знаний. Последним (знаниями и немецким опытом) Г. Бахманн охотно поделился со слушателями. Интерес к нанотехнологиям в Германии возник в 1990-е гг., когда было сформулировано общее описание новой области в терминах молекулярного дизайна современных возможностей молекулярной архитектуры. Были определены три группы возможностей «наномира»: физические (новая техническая физика), химические (новые химические процессы) и биологические (новые биоприменения). К середине 1990-х гг. выделяются области промышленного производства, релевантные нанотехнологиям, прежде всего биология и медицина, механика и оптика, химия и производство материалов, электроника и информационные технологии, автомобилестроение и производство оборудования. Для организации взаимодействия науки и промышленности к 1998 г. создаются исследовательская инфраструктура и система проектного финансирования, которые институционализируются в форме центров компетенций – автономных организаций, занимающихся развитием отдельных направлений нанотехнологий и сочетающих в себе исследовательские, образовательные и координационные функции. В тот же период были осуществлены первые долгосрочные прогнозы развития наноиндустрии. Серия исследовательских проектов, выполненных в период до 2006 г., охватывала вопросы становления и развития новых технологических направлений (например, магнетoeлектроники), анализ областей их возможного применения и возникновения новых рынков. Важным элементом немецкого Форсайта становится модель лидирующей инновации – подхода к анализу инновационных циклов, сочетающего фундаментальные знания, оценку инновационных процессов и рыночных шансов. В 2003 г. Германия заняла одну из лидирующих позиций в области нанотехнологий, а в 2006 г. был сформулирован национальный рабочий план развития нанотехнологий, который стал частью общей стратегии страны в сфере высоких технологий. В настоящее время Германия осуществляет регулярные Форсайт-проекты в сфере нанотехнологий.

С обзором технологических дорожных карт для наноиндустрии в России выступил **Олег Карасев**, ведущий научный сотрудник ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ. Речь в докладе шла о долгосрочном планировании с акцентом на согласование временных координат событий и действий, инновационные технологии, «будущее желаемое состояние» и цели, на достижение которых направляются усилия. На основе анализа итогов более 60 различных проектов была предложена методология, позволяющая изучать две стороны процесса развития инновационных технологий: предложение на рынке научных разработок нанопродуктов и спрос. Главные задачи построения дорожных карт состоят в том, чтобы дать четкое и ясное представление о целях и стратегии развития наноиндустрии, выявить перспективные и наиболее эффективные сферы применения нанотехнологий, оценить возможности производства и выхода на рынок новых продуктов и услуг, отобразить все этапы инновационного цикла в их взаимосвязи. Этот список не является исчерпывающим и расширяется в процессе работы. Участниками построения технологических дорожных карт, разрабатываемых Форсайт-центром ГУ-ВШЭ, стали представители исследовательских институтов, промышленных предприятий, инвестиционных компаний и ведомств. Конкретным результатом работы являются проекты дорожных карт, которые разрабатываются под эгидой Роснанотеха и охватывают приложения нанотехнологий в космических исследованиях, авиационной промышленности, светодиодной индустрии, атомном энергопромышленном комплексе, водоснабжении, медицине и др. Следующим этапом работы станет построение «бизнес-карт» – визуального представления действий, направленных на достижение конкретных рыночных целей.

Круглый стол

5 декабря 2008 г.

Форсайт в области нанотехнологий: механизмы реализации

Модераторы – Леонид Гохберг (ГУ-ВШЭ, Россия) и Луи Лоран (Национальное научно-исследовательское агентство, Франция)

Заключительная сессия, посвященная прикладным аспектам Форсайт-исследований, началась докладом **Виктора Иванова**, руководителя Сертификационного центра Роснанотеха. Им была представлена дорожная карта по развитию светодиодной индустрии, цель которой – развитие в России нового сегмента промышленности, основанного на нанотехнологиях: массового производства светодиодов и светотехнических устройств на их базе. Структура дорожной карты предполагает ответы на вопросы о рынках конечной продукции, перспективах развития отрасли, примерах светодиодных устройств, технологиях производства, ключевых проблемах и необходимых ресурсах. Уже сегодня объем мирово-

го рынка общего освещения достигает 40 млрд долл. США, а темпы его роста за последние три года составили 4-5%. Через несколько лет ожидается, что примерно 30% рынка осветительной техники будет заполнено светодиодными устройствами. Сектор применения светодиодов в освещении в сравнении с другими видами источников света – лампами накаливания, люминесцентными источниками и т.п. – к 2012 г. возрастет до 11%. Докладчик привел данные компании РБК, согласно которым объем рынка всей светотехники в Российской Федерации в 2007 г. составил 1.7 млрд долл. США. Рынок светотехники в нашей стране бурно развивается, и его рост ожидается в ближайшие три-пять лет на уровне 13-15%. Будет расширяться и рынок применения светодиодов: прежде всего в транспортных средствах, в частности в автомобильной промышленности и на железнодорожном транспорте. Первым шагом Роснанотеха по развитию светодиодной индустрии стало создание совместной с группой ОНЭКСИМ и Уральским оптико-механическим заводом компании по производству светотехники нового поколения. Предприятие призвано организовать производство светодиодных чипов, светодиодных ламп и осветительных систем, сопоставимых по яркости с лучшими мировыми аналогами.

Дженнифер Харпер (Совет по науке и технологиям, Мальта) остановилась на опыте Форсайт-исследований Европейского Союза в области ключевых и конвергентных технологий. Она затронула вопросы продвижения метода Форсайта на европейском уровне, коснулась предпосылок для реализации политики в области Форсайта. Ее презентация явилась, по сути, общим обзором выводов, полученных в результате работы двух экспертных групп, которые были организованы Европейской Комиссией в 2003–2005 гг. Их деятельность выявила чрезвычайную важность использования подходов, основанных на методе Форсайта, в изучении ряда областей. Что касается перспектив нанотехнологий в Европе, то упор делается на долгосрочное видение – Лиссабонскую стратегию Евросоюза, нацеленную на создание конкурентоспособной экономики, основанной на знаниях. В Европе весьма сильна научно-исследовательская база, но еще недостаточно эффективны механизмы внедрения знаний, что негативно сказывается на практическом применении результатов исследований и их коммерческом использовании. В развитии новых направлений ключевую роль приобретают форма и способ передачи получаемых знаний пользователям. И здесь Форсайт-прогнозы имеют большое значение.

Новые технологии в целом и нанотехнологии в особенности должны отвечать реальным вызовам со стороны населения – с этого тезиса начала свой доклад, посвященный возможностям нанотехнологий в сфере очистки питьевой воды, **Марина Дорошенко**, заведующая отделом аналитических исследований ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ. Дорожная карта по очистке питьевой воды, представленная в докладе, выполнена в логике сценарного анализа исходя из наличия трех двигателей рынка: предложения самих нанотех-

нологий, спроса потребителей воды, государственной политики (отрасль водоснабжения является зоной государственной ответственности). Первый сценарий развития нанотехнологий в области водоснабжения – инерционный. Он предполагает сохранение централизованной системы водоснабжения с использованием существующей инфраструктуры. В таком случае могут использоваться нанотехнологии, позволяющие более качественно очищать питьевую воду (по данным Санэпиднадзора, 80% водопроводной воды не отвечает санитарным нормам, а очистные станции на 60% оснащены устаревшим оборудованием). Но это дорогой и неконкурентоспособный сценарий. Второй сценарий – экстенсивный; он представляет собой продолжение первого, но с опорой на технологии, очищающие воду и в водохранилищах, и в подземных источниках. Однако такие технологии также пока достаточно дороги. По мнению М. Дорошенко, этот сценарий можно сочетать с предыдущим, когда замещающие технологии комбинируются с дополняющими. В подобной ситуации конкуренция с существующими новыми технологиями должна вестись по тому же критерию – соотношение цены и качества. У обоих рассмотренных сценариев есть одно общее и важное свойство: они соответствуют индустриальному принципу водоснабжения, где существуют массовое предложение и массовый спрос на питьевую воду. Это позволяет говорить о том, что нанотехнологии не смогут быть абсолютно эффективными до тех пор, пока экономика не перестроится на постиндустриальную модель развития. Базовое конкурентное преимущество, которое потенциально содержат в себе нанотехнологии и которое лежит в основе третьего сценария, состоит в их способности удовлетворять индивидуализированный спрос. Таким образом, «идеальная» вода может и должна быть индивидуальной, а нанотехнологии способны помочь этого добиться.

По окончании сессии состоялась общая дискуссия между ее участниками – видными учеными, представителями бизнес-сообщества различных стран. Итоги работы подвел Л. Гохберг, суммировав основные тезисы докладов и указав на ряд моментов, общих для многих тем. Нанотехнологии признаются революционной областью, несущей в себе значительный экономический потенциал и не менее существенные риски, связанные с постоянно расширяющейся областью неопределенности. Мировые и национальные тенденции развития наноиндустрии требуют выработки системного видения рыночных возможностей, областей применения и потенциальных рисков. Исследовательской методологией, способной дать адекватный ответ на вызовы нанотехнологий, призвана стать методология Форсайта. Актуальными вопросами для обсуждения остаются стандартизация и статистическое измерение нанотехнологий, определение приоритетов научно-технологического и инновационного развития и оценка долгосрочных социально-экономических эффектов от применения нанотехнологий. ■

Материал подготовили К.С. Фурсов и Н.Н. Вуколов.