

# Инфраструктура наноиндустрии

С.Б. Тараненко, А.А. Балякин

ФГБУ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, пл. Академика Курчатова, 1  
E-mail: Taranenko\_SB@rreki.ru

Будущее мировое технологическое развитие, ожидаемый переход к новому шестому технологическому укладу связывают во многом с переходом нанотехнологий и нанотехнологической продукции из лабораторий в окружающую нас действительность. Это проникновение в нашу жизнь будет иметь характер не отдельных явлений и продуктов, а принесет с собой новую систему производства, обработки знаний, даже нового мышления. В этой связи можно говорить о нанотехнологиях как о новой индустрии и новой технологической культуре.

Неотъемлемым элементом любой индустрии является ее инфраструктура. Для традиционных индустрий, таких, например, как цветная металлургия, можно выделить один из элементов — распределительные электросети. Если у вас к заводу не подведены высоковольтные провода, обеспечивающие доставку большой мощности, о выплавке алюминия, титана, никеля можно забыть. Тот, например, кто проехал по Горьковскому шоссе мимо города Электростали, видел, как много нужно таких линий электропередач.

Иными словами, без соответствующей инфраструктуры та или иная индустрия попросту невозможна. Конечно, инфраструктура любой индустрии, в широком смысле, не ограничивается «проводами» или дорогами. В частности, традиционно выделяют социальную инфраструктуру, включающую человеческий капитал: ведь кто-то должен уметь работать, управлять даже самым совершенным оборудованием.

Но с такой междисциплинарной отраслью экономики, как наноиндустрия, связано более широкое понимание инфраструктуры, которое в условиях нового научно-технологического подхода приходит на смену традиционному. Высокотехнологические отрасли прежде всего предполагают инфраструктуру экономики знаний. И для последней характерны несколько другие «дороги» или, если угодно, коммуникации.

Так, для наноиндустрии таковыми являются<sup>1</sup>:

а) информационно-аналитическая система развития наноиндустрии (мониторинг, анализ, прогнозирование);

б) информационно-коммуникационная система (информационное обеспечение функционирования национальной нанотехнологической сети);

в) система мониторинга рынков продукции наноиндустрии и бизнес-планирования;

г) система кадрового обеспечения наноиндустрии;

д) система правового обеспечения деятельности участников национальной нанотехнологической сети;

е) система метрологии, стандартизации и оценки соответствия.

Именно эту инфраструктуру и развивает государство как необходимое условие создания и успешного функционирования национальной наноиндустрии. Но об этих системах, составляющих инфраструктуру наноиндустрии, подробнее скажем несколько позднее — до того как понять, какая нам нужна инфраструктура, необходимо определиться, для чего она, собственно, нам нужна, какие цели мы преследуем.

Стратегической целью научно-технологического и в целом социально-экономического развития Российской Федерации является ее становление как одного из мировых технологических лидеров<sup>2</sup>. Это предполагает ряд обязательных действий, среди которых наиболее принципиальны, на наш взгляд, следующие.

Во-первых, необходимо определить и поддерживать те направления, по которым мы хотим (мы можем, нам необходимо) быть научно-технологическими лидерами. Распыление ресурсов при «наступлении по всему фронту» не соответствует сегодняшним возможностям российской экономики, да и в принципе любой другой. Мы обязаны выбрать, где мы стремимся быть первыми.

Во-вторых, по этим направлениям мы должны быть компетентны. Это

означает, что необходимо поддерживать и развивать соответствующие центры компетенций, обеспечивающие воспроизводящееся во времени научно-технологическое лидерство. Иными словами, имеющийся задел — это хорошо, но он не обеспечивает лидерства на перспективу. Необходимо построение институтов воспроизводства научно-технологических компетенций. В самом простом случае речь идет о системе подготовки и переподготовки кадров, наличии требуемого оборудования и т.п.

При этом необходимо помнить о принципиально междисциплинарном характере нанотехнологий, находящихся «на стыке» различных знаний: физических, инженерных, химических, биологических. Создание и поддержание междисциплинарных, конвергентных<sup>3</sup> компетенций — принципиальное требование времени.

В-третьих, мы должны выстроить институты наноиндустрии таким образом, чтобы обеспечить их конкурентоспособность на региональных и мировом рынках. Развитие наноиндустрии — это насущная необходимость по глубокому структурному изменению национальной экономики, ее модернизации с использованием последних достижений науки. Современной России нужны национальные наноконтактные корпорации, являющиеся принципиальным элементом экономики мировой — как Газпром сегодня.

И наконец, в-четвертых, развитие наноиндустрии должно обеспечить решение важнейших социально-экономических задач. Как определено в Президентской инициативе «Стратегия развития наноиндустрии»<sup>4</sup>, «с помощью достижений в области нанотехнологий могут быть в перспективе решены ключевые проблемы цивилизации: энергетическая, экологическая и продовольственная безопасность, качество жизни, образования и обще-

<sup>3</sup> См. статью М.В. Ковальчук, О.С. Нарайкин, Е.Б. Яцишина «Конвергенция наук и технологий и формирование новой ноосферы» // Российские нанотехнологии, том 6. № 9–10. 2011. С. 10–14.

<sup>4</sup> Поручение Президента Российской Федерации от 24 апреля 2007 г. № Пр-688.

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 23 апреля 2010 г. № 282 «О национальной нанотехнологической сети».

<sup>2</sup> Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года.

ственного управления, борьба с бедностью, болезнями и терроризмом». Учитывая принципиальность наших ожиданий, а также риски, в том числе военные, связанные с развитием нанотехнологий, необходима государственная координация развития и функционирования отрасли.

Все сказанное предъявляет к инфраструктуре nanoиндустрии принципиальное требование: инфраструктура должна рассматриваться, создаваться и функционировать как механизм, обеспечивающий вышеназванные требования. В качестве такого механизма было предложено построение национальной нанотехнологической сети, обеспечивающей «концентрацию ресурсов на приоритетных направлениях исследований и разработок, повышение эффективности работ и уровня их координации, создание благоприятных условий для ускоренного введения в хозяйственный оборот новой конкурентоспособной продукции нанотехнологий»<sup>5</sup>. Следует добавить, национальная нанотехнологическая сеть (или коротко – ННС) – инструмент управления и координации со стороны государства развития nanoиндустрии.

Развитию инфраструктуры nanoиндустрии в формате ННС была посвящена одноименная федеральная целевая программа на 2008–2011 годы. Последней определено, что одним из принципиальных институтов, обеспечивающих функционирование инфраструктуры национальной nanoиндустрии, является головная научная организация ННС<sup>6</sup> – НИЦ «Курчатовский институт». В частности, головная научная организация:

- осуществляет координацию планов проведения научных исследований, выполняемых участниками национальной нанотехнологической сети;
- осуществляет координацию проектов международного научно-технического сотрудничества, реализуемых участниками национальной нанотехнологической сети;
- осуществляет мониторинг научных исследований и разработок в сфере нанотехнологий и предоставляет информацию о его результатах участникам национальной нанотехнологической сети по их запросу;

<sup>5</sup> См. статью М.В. Ковальчук, О.С. Нарайкин, Е.Б. Яцишина «Конвергенция наук и технологий и формирование новой ноосферы» // Российские нанотехнологии, том 6. № 9–10. 2011. С. 10–14.

<sup>6</sup> В редакции Постановления Правительства РФ от 23 апреля 2010 г. № 282 «О национальной нанотехнологической сети» – научный координатор национальной нанотехнологической сети.

– обеспечивает взаимодействие участников национальной нанотехнологической сети с отраслевыми координаторами национальной нанотехнологической сети по вопросам научных исследований, коммерциализации технологий и организации производства;

Важнейшей функцией головной научной организации на протяжении всего хода федеральной целевой программы являлась подготовка предложений по развитию инфраструктуры ННС для органов государственной власти с учетом мнений всех участников ННС. Одним из инструментов ее реализации было регулярное предоставление статистической, справочной и аналитической информации органу управления и координации национальной нанотехнологической сети для подготовки доклада в Правительство Российской Федерации о ходе формирования и основных результатах деятельности национальной нанотехнологической сети.

В рамках ФЦП<sup>7</sup> определены те направления, по которым Российская Федерация развивает нанотехнологии в целях получения и закрепления научно-технологического лидерства. Это следующие девять тематических направлений деятельности национальной нанотехнологической сети: наноэлектроника; наноинженерия; функциональные наноматериалы и высококачественные вещества; функциональные наноматериалы для энергетики; функциональные наноматериалы для космической техники; нанобиотехнологии; конструкционные наноматериалы; композитные наноматериалы; нанотехнологии для систем безопасности.

По каждому из этих направлений определена головная организация отрасли<sup>8</sup>, которая и осуществляет координацию планов проведения исследований и разработок, выполняемых участниками национальной нанотехнологической сети в соответствующих отраслях; осуществляют координацию реализуемых участниками национальной нанотехнологической сети проектов международного научно-технического сотрудничества в соответствующих отраслях; осуществляют отраслевой мониторинг nanoиндустрии.

Головные организации – один из важнейших институтов по созданию центров компетенции, созданный в рамках ФЦП.

<sup>7</sup> ФЦП – Федеральная целевая программа.

<sup>8</sup> В редакции Постановления Правительства РФ от 23 апреля 2010 г. № 282 «О национальной нанотехнологической сети» – отраслевые координаторы национальной нанотехнологической сети.

Таких головных организаций десять (по одному из направлений – две головные организации). Это крупнейшие отраслевые специализированные научно-технологические комплексы страны.

Каждая головная организация «возглавляет» достаточно развитую сеть организаций (до 30 и более) – подведомственных или партнерских, осуществляющих деятельность по данному направлению при координирующей роли головной научной организации.

Важным аспектом центров компетенции – головных организаций – является обеспечение доступа третьих лиц к технологиям и специфическому для nanoиндустрии оборудованию. Форма такого доступа – центры коллективного пользования (ЦКП). Всего в рамках ФЦП создано и оборудовано 85 ЦКП.

Другими центрами компетенции, развиваемыми в ФЦП, являются учреждения высшего образования как основа синтеза образования и науки. При этом данные учреждения рассматриваются именно как центры – т.е. такой институт, который обеспечивает интересы третьих лиц в доступе к нанотехнологиям: к соответствующему оборудованию, к технологическим возможностям. Форма такого доступа, близкая к центрам коллективного пользования, – научно-образовательные центры.

Всего в рамках ФЦП было создано и оборудовано 74 НОЦа, общая стоимость поставленного оборудования в НОЦ и ЦКП – 19.3 млрд руб.

Вопросы взаимодействия участников ННС при проведении ими работ в сфере нанотехнологий регулируются различными нормативными документами, отражающими специфику отрасли, и прежде всего – работы в режиме коллективного пользования. Услугой считается не только предоставление высокотехнологичного оборудования в пользование третьим лицам, но и проведение исследований и измерений «под ключ», поиск и передача необходимой информации. Подобного рода услуги предоставляются членам ННС на льготных условиях, зачастую – бесплатно. Это – тоже один из элементов государственной политики в сфере высоких технологий: 99.7 % финансирования nanoиндустрии за последние 5 лет было произведено из средств государственного бюджета, и наша страна заинтересована в эффективном использовании нового оборудования, внедрении в практическое производство результатов разработок.

Правовая охрана полученных в ходе реализации ФЦП результатов реа-

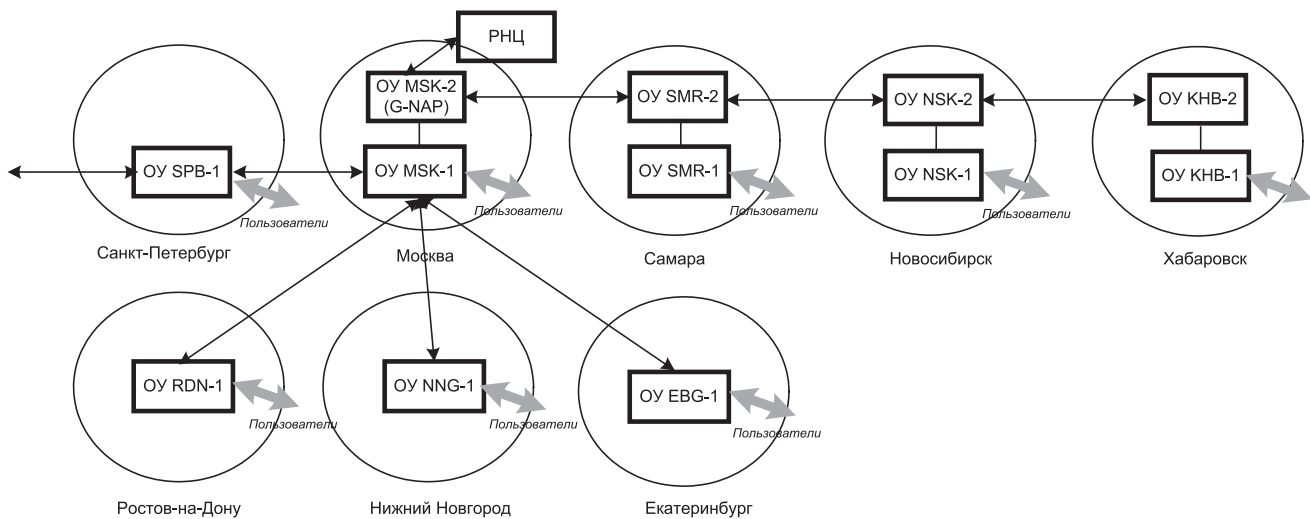


Рисунок 1. География опорных узлов опорной сети ННС

лизуется посредством патентования и лицензирования. Проводится регулярный мониторинг патентной активности участников ННС, сформирована база данных нанопатентов, головные научные организации оказывают друг другу (и остальным членам ННС) поддержку в защите своих прав.

Принципиальным в построении ННС является взаимодействие различных участников наноиндустрии, направленное на достижение общей цели (сетевой принцип). Это, в частности, требует специфического «оборудования», обеспечивающего соответствующие коммуникации.

В рамках ФЦП в части развития информационно-коммуникационной системы ННС была создана опорная сеть. Опорная сеть представляет собой ряд коммуникационных узлов, расположенных в различных географических точках Российской Федерации, обеспечивающих высокоскоростную передачу информации между научными и образовательными центрами Российской Федерации, компетентными в области нанотехнологий (рис. 1).

Обеспечено подключение к опорной сети 41-й организации, включая головные организации ННС, важнейшие российские вузы, ведущие научно-образовательную деятельность в сфере нанотехнологий.

Обеспечена связность опорной сети ННС с международными научными сетями, позволяющими проводить обмен информацией между зарубежными организациями, специализирующимися в области нанотехнологий, что имеет чрезвычайно важное значение для развития индустрии нанотехнологий в России как части глобальной мировой экономики.

Важнейшим применением опорной сети является построение на ее основе системы ГРИД-вычислений – системы распределенных вычислений. Целью создания и функционирования ГридННС является обеспечение географически распределенных научных и инженерных коллективов – участников национальной нанотехнологической сети – возможностью эффективного удаленного использования информационной, коммуникационной и вычислительной инфраструктуры (рис. 2). Грид-система ННС начиная с 2009 года обеспечивает унифицированный, прозрачный безопасный и авторизованный доступ к высокопроизводительным вычислительным ресурсам, включая суперкомпьютеры, такие как суперкомпьютерные комплексы МГУ и НИЦ «Курчатовский институт», а также к ресурсам хранения данных ННС участников инновационного процесса, ведущих работы в области нанотехнологий и наноматериалов.

Тем самым обеспечена территориально-удаленная доступность больших и, что принципиально важно, специализированных вычислительных мощностей, позволяющих осуществлять так необходимое для нанотехнологий моделирование: моделирование новых материалов, моделирование наноразмерных квантовых структур, моделирование сложных молекул и веществ, моделирование и анализ процессов живой клетки и генетических механизмов.

Здесь важно отметить, что инфраструктура наноиндустрии создается в двух направлениях: отраслевом и географическом; первое – это направления нанотехнологий, «курируемые» головными организациями, второе – региональные центры, создаваемые в

виде высокотехнологичных кластеров в регионах вокруг точек роста, к которым относятся передовые вузы, НИИ и т.п. (например, федеральные университеты, национальные исследовательские университеты). Сказать, что важнее, – нельзя: каждая из составляющих решает свои задачи.

Инфраструктура наноиндустрии – это прежде всего инфраструктура экономики знаний, для развития которой принципиальное значение имеет инфраструктура согласованного прогноза, основанного на мониторинге состояния наноиндустрии и анализе перспектив возможного развития.

В рамках федеральной целевой программы такая инфраструктура была создана как информационно-аналитическая система развития наноиндустрии. Данная система включает прежде всего мониторинг наноиндустрии<sup>9</sup> в различных ее аспектах: научно-технологическом, образовательном, социальном.

Головные организации отраслей осуществляют сбор и анализ информации по тематическим направлениям деятельности, региональные центры мониторинга – в региональном аспекте. В целом же организация процедур мониторинга, формирование его результатов, ориентирующих деятельность других участников ННС, – системная функция головной научной организации ННС.

Мониторинг подразумевает не просто сбор статистических данных, но и их анализ с привлечением экспертной

<sup>9</sup> Система мониторинга подробно описана в статье Балякин А.А. «Мониторинг как инструмент государственного контроля и управления развитием национальной наноиндустрии» // Российские нанотехнологии, т. 6. № 7–8. 2011. С. 8–13.

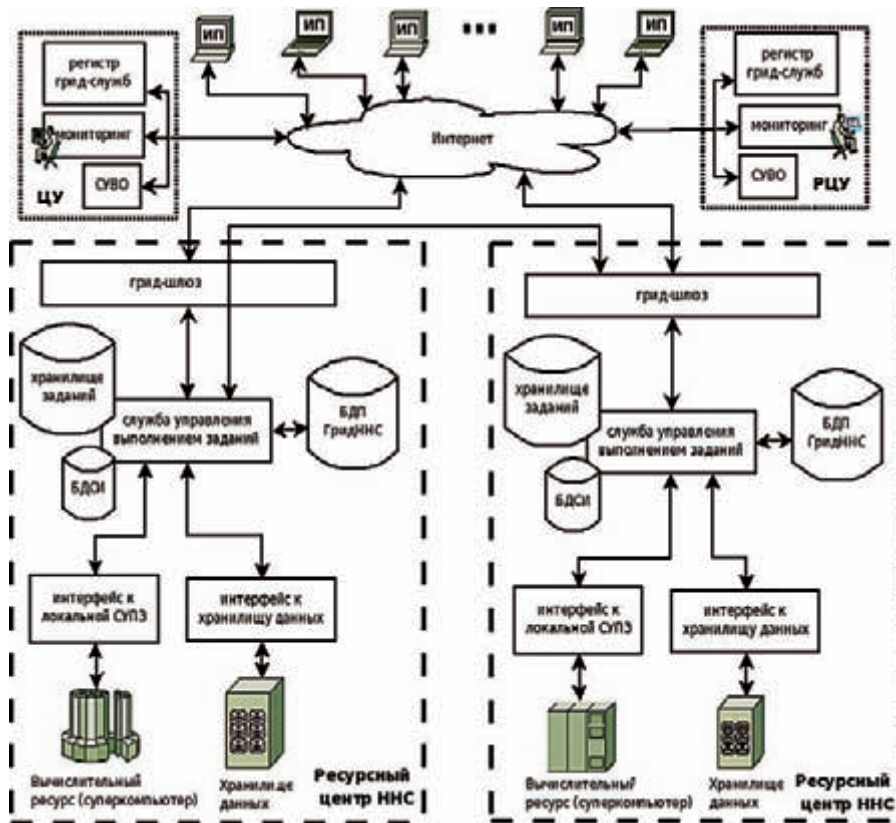


Рисунок 2. Схема ГРИД ННС

панели, актуальных методов социологии и экономики.

Уже сегодня можно отметить несколько интересных моментов, связанных с формированием наноиндустрии в Российской Федерации.

Прежде всего нанотехнологии из «бренда», привлекавшего всех — от гениев до авантюристов, — стали просто названием еще одного направления работы, причем направления, с которым связаны ожидания по модернизации экономики страны. Это нашло свое выражение в количестве организаций, ведущих работы в сфере нанотехнологий. База данных головной научной организации за первый год выросла вдвое: с 565 организаций на конец 2008 года до 1364 организаций на конец 2011 года.

Во-вторых, имеет место значительная централизация: большая часть научных и производственных организаций сосредоточена в Москве и Московской области. Развитие региональных центров стало заметным лишь в последние годы, что является результатом последовательной политики государства в сфере формирования высокотехнологичных кластеров, учитывающих местные реалии (в частности, к таким мерам относятся создание системы федеральных университетов, национальных исследовательских уни-

верситетов, поддержка региональных программ развития — от Северного Кавказа до Сахалина).

В-третьих, научное и промышленное сообщество демонстрирует все больше доверия к власти и ее политике в сфере науки и образования. По мнению экспертов, уровень, который удалось достичь в ходе выполнения ФЦП, превосходит мировой, и по ряду позиций Россия может претендовать на лидерство не на словах, а на деле. Также имеет место изменение в лучшую сторону отношения экспертов к ОАО «Роснано»: признается высокий уровень ряда коммерциализируемых сейчас проектов.

Конечно, проблемы остаются, и их преодоление — одна из задач инфраструктуры наноиндустрии, которая во многих своих аспектах выступает как инструмент принятия управленческих решений. Так, на основе результатов мониторинга национальной и мировой наноиндустрии строятся обоснованные прогнозы ее развития, служащие одновременно инструментом синхронизации планов развития отраслей наноиндустрии и отдельных проектов, реализуемых при координации головной научной организации, головных организаций тематических направлений ННС. Такие прогнозы-планы реализованы в формате «дорожной

карты»<sup>10</sup>, составленной и регулярно актуализируемой головной научной организацией ННС при определяющем участии головных организаций тематических направлений ННС.

Такое взаимодействие участников ННС в процессах мониторинга и прогноза — само по себе важный элемент инфраструктуры индустрии, основанной на знании.

Система мониторинга рынков продукции наноиндустрии и бизнес-планирования, создаваемая в рамках ННС, имеет две составляющие.

Первая составляющая — выполнение функций координатора инновационной деятельности национальной нанотехнологической сети ОАО «Роснано»<sup>11</sup>. В рамках этих функций ОАО «Роснано» «осуществляет мониторинг реализации проектов и программ в сфере нанотехнологий, выполняемых участниками национальной нанотехнологической сети и финансируемых координатором инновационной деятельности национальной нанотехнологической сети».

Наблюдательным советом ОАО «Роснано» было одобрено 104 проекта с общим бюджетом 347 млрд рублей, включая софинансирование со стороны «Роснано» в объеме 140.1 млрд рублей<sup>12</sup>. Среди них 92 инвестиционных проекта, 8 проектов по формированию российских и международных венчурных фондов, а также 4 проекта создания нанотехнологических центров.

Вторая составляющая системы мониторинга рынков продукции наноиндустрии представляет собой маркетинговые исследования наноиндустрии, проводимые головной научной организацией ННС на регулярной основе в рамках мониторинга наноиндустрии, а также подготовку материалов к ежегодному аналитическому докладу в Правительство Российской Федерации «Нанотехнологии в Российской Федерации»<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> Дорожная карта развития нанотехнологий подробно описана в статье С.Б. Тараненко, К.В. Иванов «Дорожная карта развития нанотехнологий как инструмент перспективного планирования» // Российские нанотехнологии, том 6. № 7–8. 2011. С. 10–14.

<sup>11</sup> До 11 марта 2011 года — Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий».

<sup>12</sup> Годовой отчет за 2010 год ГК «РоснаноТех», эл. документ: <http://www.rusnano.com/Document.aspx/Download/31669>, дата обращения: 01.08.2011.

<sup>13</sup> О проблемах маркетинга национальной наноиндустрии см. подробнее в статье К.В. Иванов, С.Б. Тараненко «Эти «скрытые» рынки. Проблемы маркетинга рынков нанотехнологической продукции» // Российские нанотехнологии. Т. 6. № 9–10. 2011. С. 14–18.

Система метрологии, стандартизации и оценки соответствия развивается и координируется координатором национальной нанотехнологической сети в области метрологии, стандартизации и оценки соответствия — Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

В рамках федеральной целевой программы была создана сеть Центров метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий, ее инфраструктура в полном объеме, включая региональные отделения Центра в каждом федеральном округе Российской Федерации и отраслевые Центры по каждому из девяти тематических направлений ННС. На сегодня создано 17 метрологических центров, включая центральный, отраслевые и территориальные.

Система кадрового обеспечения nanoиндустрии построена на сети опорных вузов, являющихся участниками ННС, а также национальных исследовательских университетов и федеральных университетов, осуществляющих подготовку по нанотехнологическим специальностям.

Здесь следует отметить созданную в рамках федеральной целевой программы и развиваемую участниками ННС систему маршрутного обучения и повышения квалификации кадров на базе на учно-образовательных структур ННС. Данная маршрутная система подразумевает междисциплинарную подготовку специалистов на базе центров компетенции по различным отраслям знания, технологическим компетенциям, необходимых для адресной подготовки специалистов в области тех или иных направлений нанотехнологий.

На сегодня система объединяет 15 университетов, на базе которых функционируют 102 учебных курса для повышения квалификации в рамках дополнительного профессионального образования.

Междисциплинарный подход к образованию специалистов в области нанотехнологий — требование, выдвигаемое самой природой нанотехнологий. Этот подход последовательно развивается головной научной организацией<sup>14</sup>, и в рамках системы образования для нужд nanoиндустрии он выразился в создании НБИК-факультета Московского физико-технического института (государственный универ-

ситет) на базе НИЦ «Курчатовский институт», о чем можно судить по наименованию факультета: НБИК — что есть аббревиатура составляющих конвергентных технологий: нано-, био-, инфо- и когнитивные.

Головная научная организация ННС принимает принципиальное участие в создании и функционировании правового обеспечения деятельности участников национальной нанотехнологической сети.

С одной стороны, это — содействие федеральным органам исполнительной власти при принятии ими управленческих решений, базирующихся на результатах мониторинга и научного прогноза. Представляемая информация (аналитические обзоры, «дорожные карты») дают возможность принимать обоснованные и выполнимые решения, вовремя корректировать планы развития страны.

Специалисты головной научной организации при участии головных организаций отраслей разработали Проект концепции Государственной программы развития nanoиндустрии в Российской Федерации на перспективу до 2020, которая исходит из результатов, достигнутых в ходе реализации Программы развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года на первом этапе ее реализации. Созданная инфраструктура nanoиндустрии будет использована для достижения стратегической цели: становление Российской Федерации в качестве одного из мировых лидеров научно-технологического развития. Предусматривается взаимоувязка проводимых мероприятий с постоянным мониторингом, корректировка планов развития nanoиндустрии в соответствии с текущей ситуацией. Изменение приоритетов информационно-аналитической поддержки требует институционального изменения самой информационно-аналитической инфраструктуры в рамках ННС на принципах оперативного мониторинга научно-технического, производственного и рыночного потенциала Российской Федерации в сфере нанотехнологий; регулярности и непрерывности мониторинга, анализа и прогнозирования деятельности участников национальной нанотехнологической сети и маркетинговых исследований рынка продукции nanoиндустрии.

Другое направление деятельности по правовому обеспечению деятельности участников национальной нанотехнологической сети включает в себя разработку правил, регламентов и положений, описывающих взаимо-

действие участников ННС. Из наиболее важных отметим положение об ННС<sup>15</sup> и положение о Совете ННС<sup>16</sup>. Регламентировано вхождение и выход в состав ННС, прописана ответственность участников ННС, идет разработка системы льгот и преференций участникам.

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на ряд трудностей (связанных прежде всего с сокращением финансирования в 2009–2010 гг. в условиях финансового кризиса), в целом выполнение поставленных в программе развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года задач является реальным, и федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации в 2008–2011 гг.» успешно выполнена. Представляется необходимым продолжить работы по формированию национальной нанотехнологической сети и предусмотреть в следующем году развитие нанотехнологий в рамках соответствующих государственных программ.

Совершенствование инфраструктуры ННС является основой дальнейшего развития и устойчивого функционирования национальной nanoиндустрии. Предлагается использовать кластерную модель развития, формируя вертикально-интегрированные структуры на базе уже имеющихся «мощностей».

Необходимо усилить связь образование — наука — бизнес, уделив дополнительное внимание вопросу подготовки кадров в сфере нанотехнологий. Данные действия предусматривают как разработку новых образовательных программ, так и действия по правовой поддержке отечественных исследователей (путем принятия и международного продвижения норм, правил, регламентов, продвижения российских стандартов в качестве международных).

Представляется, что эти меры, изложенные, в том числе, в проекте Концепции Государственной программы развития nanoиндустрии в Российской Федерации на перспективу до 2020 года, разрабатываемой головной научной организацией с привлечением специалистов головных организаций по направлениям, позволят успешно реализовать намеченные цели по развитию nanoиндустрии в России.

<sup>15</sup> Постановление Правительства Российской Федерации № 282 от 23 апреля 2010 г.

<sup>16</sup> Приказ Министерства образования и науки № 2629 от 9 ноября 2011 г.

<sup>14</sup> М.В. Ковальчук, О.С. Нарайкин, Е.Б. Яцишина «Конвергенция наук и технологий и формирование новой ноосферы» // Российские нанотехнологии, том 6. № 9–10. 2011. С. 10–14.