

# Элементы будущей nanoиндустрии в Уральском регионе: необходимость методологии и методов оценки



**В. В. Акбердина,**

*д. э. н., доцент, зав. сектором экономических проблем отраслевых рынков Института экономики Уральского отделения РАН*  
e-mail: akb\_vik@mail.ru



**А. В. Гребенкин,**

*д. э. н., профессор, ведущий научный сотрудник Института экономики Уральского отделения РАН, профессор Уральского федерального университета*  
e-mail: avgrebenkin48@yandex.ru

*В статье анализируется опыт выявления и поддержки на региональном уровне прикладных разработок в области нанотехнологий. Разработаны и излагаются модели технологической динамики и взаимодействия научно-технологических инноваций с традиционными технологиями. Выделены три типа функций нанотехнологических разрабо-*

*ток (дополнение, замещение, средообразование), обоснованы методологические подходы к оценке синергетических эффектов нанотехнологий, связанные с построением дорожных карт, оценкой экстерналий, введением методов оценки реальных опционов и модифицированного межотраслевого баланса.*

**Ключевые слова:** нанотехнологии, модель технологической динамики, синергия, реальные опционы, дорожные карты.

**В** настоящее время нанотехнологии являются одним из наиболее перспективных и востребованных направлений науки, технологий и промышленности в индустриально развитых странах. Наноразработки ведутся практически во всех отраслях промышленности, поскольку их применение способно изменить свойства традиционной продукции, а значит, сделать ее более конкурентоспособным.

Основной проблемой оценки как барьеров, так и эффектов развития нанотехнологий является определение того, что именно следует относить к нанотехнологиям. В основном, нанотехнологии применяются при изготовлении различных материалов, веществ с определенными заданными свойствами, которые востребованы в том или ином виде деятельности. В то же время совсем небольшая доля нанотехнологий позволяет создавать принципиально новые продукты. рынок нанотехнологий необходимо разделить на две части: прорывные технологии, позволяющие создавать принципиально новые продукты и технологии, используемые для улучшения потребительских свойств существующих продуктов. По оценке экспертов нанотехнологии позволят создать принципиально новых продуктов не более 5% от всего объема рынка конечных

продуктов с применением нано к 2015 г., а в остальных 95% нанотехнологии реально составят лишь определенную долю в стоимости конечной продукции. Это связано с тем, что данные технологии применяются в уже сформировавшихся отраслях, где существуют огромные рыночные барьеры входа, которые не удастся обойти лишь разработкой новой технологии.

Тем не менее, от нанотехнологических разработок общество ждет новых решений на всех уровнях освоения инноваций: от специфических технологических запросов до массового рынка потребительских чудес. Государство, в том числе на региональном уровне, всячески способствует реализации этого латентного спроса. Так, в Уральском федеральном округе (УрФО) озабочены судьбой нанотехнологий как региональные органы управления, так и местные бизнес-структуры.

Свердловская область является лучшим регионом среди УрФО по уровню развития и результативности инновационного потенциала. Именно в Свердловской области в технологической структуре промышленного производства относительно значимо появление в недалеком будущем шестого технологического уклада, представленного нанотехнологиями.

В Свердловской области *государственная поддержка* проектов в сфере нанотехнологий на стадии НИОКР осуществляется с 2008 г. За период 2008–2010 гг. объем бюджетного финансирования составил 175 млн руб. В результате создано 27 принципиально новых научно-технических продуктов (объектов коммерциализации) в сфере нанотехнологий, организовано опытно-промышленное производство нанопродукции с годовым объемом более 200 млн руб.:

- антикоррозионные материалы и покрытия;
- нанокристаллические магнитные сплавы;
- магниторезистивные наноструктурированные сенсоры;
- сверхпрочные детали на основе твердых сплавов;
- нанодисперсные сорбенты;
- устройства оптоэлектроники.

Существующая нормативно-правовая база инновационной деятельности в области нанотехнологий в Свердловской области опирается на областную целевую Программу «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии и инноваций в Свердловской области» на 2011–2015 гг. (утверждена постановлением Правительства Свердловской области от 11.10.2010 г. № 1485-ПП). Объем финансирования Программы 829 млн руб., из которых средства областного бюджета составляют 448,2 млн руб. (54%), внебюджетные источники — 380,8 млн руб. (46%).

Мероприятия, предусмотренные областной целевой программой развития инфраструктуры nanoиндустрии и инноваций в Свердловской области на 2011–2015 гг.:

- предоставление субсидий юридическим лицам на возмещение затрат, связанных с выполнением проектов на стадии НИОКР в сфере нанотехнологий (72 млн руб.);
- предоставление субсидий юридическим лицам на возмещение затрат, связанных с выполнением проектов на стадии внедрения научно-технической продукции в сфере нанотехнологий (183 млн руб.);
- выполнение фундаментальных исследований по приоритетным направлениям науки, технологий и техники Свердловской области (167 млн руб.).

Ключевые целевые показатели по развитию nanoиндустрии в Свердловской области до 2015 г.:

- создание не менее 500 новых рабочих мест в сфере nanoиндустрии;
- организация 16 новых производств с объемом не менее 10 млрд руб.;
- получение не менее 24 новых научно-технических продуктов в сфере нанотехнологий.

Наноиндустриальные комплексы станут составными частями кластера, куда должны войти около 50 научно-производственных и промышленных предприятий, среди которых «Русский магний», Кировградский завод твердых сплавов, Уральский оптико-механический завод, а также шесть институтов Уральского отделения Российской академии наук (УРО РАН) и четыре вуза, в том числе Уральский федеральный университет, Уральский государственный экономический университет, Уральская медицинская академия, Уральский государственный лесотехнический университет.

Часть наноиндустриальных комплексов будет создаваться «с чистого листа», а некоторые уже существуют в виде стартапов. В их числе — проекты в сфере химической, фармацевтической, лесотехнической промышленности, машиностроения.

С использованием критериев отнесения нанотехнологических проектов к той или иной группе, была построена матрица взаимосвязи уровней взаимодействия НТ и типов НТ и дана оценка реальным проектам нанотехнологических разработок, поддержанных из областного бюджета Свердловской области в 2010 г. Более половины всех проектов (53,8% по объему финансирования) сосредоточено на поддержке исследований и разработок наноматериалов; лишь 19,9% средств (4 проекта) направлено на организацию производства конечных продуктов нанотехнологических разработок. Также было определено, что из 54% проектов по развитию наноматериалов большая часть — это дополняющие или замещающие технологии, а конечная продукция, формирующая новый рынок, пока отсутствует.

В результате *экспертного опроса специалистов в области нанотехнологий* (по методике Форсайт) получены следующие результаты. Из предложенных 19 вариантов нанотехнологий экспертами выделены как приоритетные для Среднего Урала следующие (в порядке убывания важности):

- 1) объемные конструкционные и функциональные наноструктурированные материалы и покрытия (металлы и сплавы, керамика, композиты);
- 2) спинтроника и устройства на ее основе;
- 3) наноструктурированные катализаторы и устройства на их основе;
- 4) нанотехнологии и наноматериалы в медицине (диагностика, системы доставки лекарств, восстановление тканей и органов);
- 5) бионанотехнологии, биофункциональные наноматериалы и наноразмерные биомолекулярные устройства;
- 6) молекулярная электроника и устройства на ее основе.

Первые 4 направления были оценены как «очень важные» и «достаточно важные» для развития экономики региона. Отмечена возможность широкого внедрения в региональных производственных комплексах первого и четвертого направлений. Наибольшее значение выделенные нанотехнологии, по мнению экспертов, имеют для роста конкурентоспособности, ресурсосбережения и качества продукции. Отмечено, что направления 1 и 6 уже имеют сложившийся научный потенциал, по другим направлениям возможности широкого распространения возникнут не ранее 2015 г.

По ключевым направлениям нанотехнологий отмечена высокая степень их возможности влиять на развитие других производственных отраслей (мультипликативный экономический эффект) и социальной сферы: науки, образования, медицины (мультипликативный социальный эффект). На рост рынка, по мнению экспертов, могут повлиять направления 1 и 5. По всем направлениям эксперты отмечают важность сотрудничества государства, бизнеса и науки;

необходимость увеличения госфинансирования фундаментальных исследований в сфере нанотехнологий и наноматериалов в медицине, а также молекулярной электроники и устройств на ее основе.

Некоторые эксперты подчеркнули приоритетность для региона (помимо выделенных выше) таких направлений, как «нанопористые наноматериалы», «прецизионная обработка поверхности сложной формы», «безопасность наноматериалов и нанотехнологий».

Реализация пилотного проекта регионального нано-Форсайта в виде выборочного экспертного опроса научных сотрудников УрО РАН и УрФУ, занимающихся проблемами нанотехнологий, позволила очертить круг гипотез, в рамках которых должны разрабатываться экономические аспекты внедрения нанотехнологий.

1. Производство конструкционных и функциональных наноматериалов приоритетно для региона, эксперты отмечают сравнительно лучшее его научное и кадровое обеспечение, наличие производственных мощностей. Очевидно речь может идти об освоении и тиражировании наноструктурированных наноматериалов на производственной платформе несущих отраслей четвертого технологического уклада (химико-металлургический комплекс, металлообработка, производство полимеров).
2. Бионанотехнологические разработки и наноматериалы для медицинских целей также, по мнению экспертов, обладают научным потенциалом и кадрами, но эти исследования требуют и особой государственной поддержки, и развития производственных мощностей к 2015 г.
3. Важным условием реализации нанотехнологий выступает совершенствование институтов поддержки всей инновационной цепочки, развитие инфраструктуры, создание благоприятной предпринимательской среды.
4. Со временем актуализируется проблема оценки влияния нанотехнологий, в первую очередь нанобиотехнологий, на изменение окружающей среды. Не отмеченные сегодня экспертами экологические риски к 2015 г. могут стать объектом особого внимания. Экологические последствия нанобиотехнологической революции не осознаны в полной мере научным сообществом, и это может стать угрозой инновационному типу промышленной политики.

Проведенный экспертный опрос руководителей промышленных предприятий региона (опрос проводился совместно с отделом науки и инноваций Министерства промышленности и науки Правительства Свердловской области) позволил получить 75 предложений-запросов на устройства и материалы с использованием нанотехнологий. Анализ предложений 23 предприятий (в том числе 15 крупных заводов металлургии, машиностроения и приборостроения — ОАО «Синарский трубный завод», ООО «ВИЗ-Сталь», ОАО «Уральская фольга», ОАО «Уралбурмаш», ФГУП «Уралтрансмаш» и др.) показал, что преобладают запросы руководителей предприятия на интуитивно воспринимаемые новые свойства материалов (повышение прочности и износостойкости, снижение поверхностного трения и т. д.), известные

из нанотехнологических публикаций, и эффективные специальные наноустройства.

Сигналы от руководителей промышленных предприятий свидетельствуют о том, что в регионе формируется латентный спрос на продукцию nanoиндустрии, поставляемую со стороны. Руководители либо уверены в вечном существовании той технологической базы, которая определяет профиль их предприятий, либо убеждены, что на основе существующих российских институтов невозможна нанотехнологическая модификация действующих производств. Они ждут готовых решений, касается ли это покупки энергосберегающих светильников (светодиодов) или новых конструкционных наноматериалов.

В Челябинской области — втором по инновационной значимости регионе УрФО — нанотехнологии также получили широкое развитие. В настоящее время в Челябинской области в сфере nanoиндустрии занято 136 специалистов. Они ведут исследования в сфере машиностроения, медицины, строительства, электроники. В 2011 г. в области реализуется 29 инновационных проектов, связанных с нанотехнологиями. Их количество выросло на треть по сравнению с прошлым годом. Поддержка этих проектов осуществляется в рамках областной целевой программы «Развитие инновационной деятельности». В 2011 г. стартовала уже вторая такая программа, цена которой превышает 300 млн руб. Инвестиции главным образом направляются на приобретение современного дорогостоящего оборудования.

В Челябинской области налажен серийный выпуск нескольких высокотехнологичных перспективных продуктов. Одна из разработок Южно-Уральского госуниверситета — наноструктурированные сорбенты. Они обладают намного большей емкостью, чем традиционные. Один грамм позволяет поглощать тяжелых металлов из воды в 10–20 раз больше «стандартных» сорбентов. Однако самый главный плюс материала — его избирательность. Новинка способна поглощать из раствора не все подряд, а строго определенные примеси. Это дает возможность использовать наноструктурированные сорбенты не только для очистки воды, но и на производстве.

В том же ЮУрГУ уже второй год разрабатывается технология получения нитрида галлия — материала для современных светодиодов. Примерно через пять лет такие светильники будут основными источниками освещения в России (обладают КПД, который в ряде случаев превышает КПД энергосберегающих ламп; не содержат ртути, токсичных веществ).

Всего на площадке созданного центра «Нанотехнологии» разрабатывается порядка 10 проектов. Помимо сотрудников ЮУрГУ на оборудовании центра трудятся ученые из всех основных вузов Южного Урала. Проявляют интерес и предприятия из Курганской области.

Инициаторами создания центра «Нанотехнологии» являются Минобрнауки РФ и ОАО «Роснано». Все приборы приобретаются под их контролем. Уже приобретены рентгено-люминесцентный и порошковый дифрактометры, несколько установок для термического анализа, оборудование, которое позволяет

работать с полимерами различной вязкости и изучать влияние добавок наполнителей (в том числе и наноструктурированных) на вязкостные свойства вещества, имеются приборы для изучения свойств материалов при разных температурах (от кипения жидкого азота до комнатной температуры), работает электронный сканирующий микроскоп.

В различных университетах большинство наиболее интересных нанотехнологий находится на стадии «лабораторных исследований». По прогнозам, они будут завершены в ближайшие 1,5–2 года. А небюджетные организации, которые пробуют самостоятельно развивать науку, уже успели воплотить свои ноу-хау в жизнь. Один из ярких примеров — центр инновационных технологий «Кварк» (г. Миасс). Он испытал опытный образец недорогого магнитного томографа для безвредной диагностики и контроля лечения на базе высокоточных измерителей магнитных характеристик биополей и полей нанолечей. Кроме того, в «Кварке» уже есть образцы дыхательных аппаратов длительного выживания с наноструктурным регенератором выдыхаемой смеси; оборудование для прогнозирования землетрясений на базе нанотехнологий управления атомами; антивирусные и антибактериальные респираторы; наноускорители горения топлива, которые повышают в три раза энергетические возможности двигателей.

В числе других примеров успешной разработки и освоения нанотехнологий: Компания «СКН» (производство наноалмазов озонной модификации), НПФ «Новые технологии» (производство и поставка в Японию и Южную Корею суспензий на основе наноалмазов), Миасский машиностроительный завод (смонтирована промышленная установка вакуумного плавления особо чистого кварцевого стекла), ФГУП «Завод Пластмасс» (получают сырье для производства наноалмазных порошков, ОАО «Ашинский металлургический завод» (наладил серийное производство стальной холоднокатаной ленты на основе железа и кобальта, магнитопроводов из аморфных сплавов и электротехнических сплавов), ОАО «Уралэлемент» (Верхний Уфалей) (запустило в серию высокоэффективные литий-ионные электрические элементы и батареи для подводных аппаратов).

В Курганской области на основе прочной теоретической базы также ведутся перспективные научные разработки, в том числе и в сфере нанотехнологий.

В Курганском государственном университете на факультете естественных наук изучают кремнеземные вещества и их свойства. Имеются конкретные результаты в разработке методики получения данных веществ, имеющих строение матриц наноуровня. Практическое применение получаемые вещества могут найти как в химической промышленности в качестве сорбентов, катализаторов, высокоселективных индикаторов, так и в микроэлектронике.

Весьма значимый объект, который Курганская область традиционно представляет на выставках, связанных с нанотехнологиями, — это Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г. А. Илизарова. В РНЦ «ВТО» разработки в области нанотехнологий ведутся

непрерывно и долгое время. Потенциал разработок центра и их практическая значимость в области медицины и здравоохранения не оставляют сомнений. В настоящее время широко используются результаты разработок научного центра в области тканевого инжиниринга — применение кальций-фосфатного нанопокртия. Данная методика позволяет сократить сроки восстановления и наращивания костной ткани в несколько раз.

В Тюменской области и автономных округах (ХМАО и ЯНАО) также активно развивается нанотехнологическое направление. Практически все проекты как производственные, так и инфраструктурные и образовательные имеют своей целью обеспечение современными нанотехнологиями нефтегазовую отрасль.

Нанотехнологиями здесь занимаются: Тюменский государственный университет, НОЦ «Нанотехнологии» ТюмГУ, Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН, Югорский государственный университет, НИЦ «СВ-синтез наноструктурных материалов» ЮГУ, ЦКП «Югорский центр нанотехнологий», ОАО «Полярный кварц».

Спецификой региона является тот факт, что подавляющее большинство производственных предприятий, занимающихся разработкой и выпуском продукции с использованием нанотехнологий, организованы в форме «малого бизнеса» и имеют прочную научную связь с университетами — ТюмГУ, ЮГУ.

На базе тюменских вузов созданы десятки инновационных предприятий, появление которых стало возможным после выхода в 2009 г. федерального закона № 217. Например, на базе ТюмГУ в 2010–2011 гг. было создано около 20 хозяйственных обществ, в том числе здесь будут делать уникальные наноматериалы и нанобъекты, которые планируется использовать в различных промышленных областях. Нанотехнологический комплекс предназначен для создания микрофлюидных и наночипов, которые встраиваются в аналитические приборы для различных диагностик, например, для забора проб крови, жидкостей, воды. Эти технологии смогут применяться в таких областях как экология, биология, медицина.

Изучение опыта развития в регионе «нанотехнологической инициативы» показало, что до становления особой отрасли экономики — наноиндустрии — России еще далеко. Сегодня необходимо осмыслить условия успешного формирования единой технологической платформы, технологической сети [1], с которой будет стартовать не только дополняющие и замещающие наноразработки, но и те, которые будут формировать новую антропогенную среду, новые рынки, определять экономическое поведение людей. В этой связи нами предлагается новая типология уровней *взаимодействия нанотехнологических разработок* (далее — НТ) и действующих промышленных систем, учитывающая характер, направление (отрицательное/положительное) и глубину их взаимодействия. Направление и характер взаимодействия определяют необходимую материальную и финансовую поддержку для распространения НТ.

В основу типологии заложена *модель технологической динамики*, в которую введена переменная,

характеризующая восприятие НТ со стороны существующих производственных технологий. Скорость распространения НТ представляет собой сумму двух величин. Первая из них выражает влияние на скорость распространения двух главных факторов (соответствует простой логистической модели):

- 1) стремление предприятий, разрабатывающих НТ, к их распространению в максимальных объемах — в соответствии с «эффектом масштаба»;
- 2) влияние спросовых ограничений, которые выражаются в виде разности между потребностью в конечной продукции с использованием НТ и уровнем ее удовлетворения за счет продукции с использованием существующих технологий. Вторая величина отражает ту часть продукции НТ, которая в силу различных причин отторгается, вследствие чего снижается прирост предложения продукции НТ на рынке. Таким образом, модель имеет вид:

$$\frac{dT}{dt} = gT(P - kT) - \beta T, \quad (1)$$

где  $P$  — объем производства продукции с использованием всех технологий (валовой продукт промышленности);  $T$  — объем производства продукции с использованием НТ;  $(P - kT)$  — объем производства продукции с использованием традиционных технологий;  $g$  — темп роста производства продукции с использованием НТ;  $k$  — интенсивность внедрения НТ;  $\beta$  — коэффициент взаимодействия НТ с традиционными технологиями;  $t$  — время.

Варьирование значений коэффициента  $\beta$  позволяет строить модели взаимодействия НТ и традиционных технологий:

- отталкивания (сопротивления);
- нейтрального (непересекающегося) поведения;
- слабого взаимодействия (привлекательность, включенность отдельным элементом);
- мультифакторной комплементарности (сцепление несколькими элементами, взаимодополнение по нескольким элементам);
- синергетического взаимодействия (получение эффекта целого, выход взаимодействия на качественно иной уровень);
- симбиотического перехода (неразрывное присутствие НТ в действующей системе, превращение в нанотехнологическую систему).

Выделены три типа функций нанотехнологических разработок, выполняемых научными организациями и промышленными предприятиями: а) дополнения (нанотехнологические разработки в виде новых по-

крытий, смазок, добавок и т. д.; б) замещение (новые наноматериалы, устройства, системы); в) средообразование (производство новых продуктов для новых рынков) (рис. 1).

Предложенная типология позволяет построить матрицу взаимосвязи уровней взаимодействия НТ и типов НТ, согласно которой можно классифицировать нанотехнологические проекты.

В соответствии с предложенной матрицей и была произведена оценка реальных проектов нанотехнологических разработок, по которым были выделены субсидии из областного бюджета Свердловской области.

Особенности инвестиционных вложений в нанотехнологии и, соответственно, отдача от них определяются рядом *существенных специфических факторов*:

- промежуток времени от исследования до коммерциализации оценивается от 3 до 10 лет, а в ряде случаев и более;
- геометрический рост инвестиций от момента открытия / изобретения до коммерциализации нанотехнологии;
- необходимость непрерывных и дополнительных инвестиций из-за трудности заранее определить их точный объем и значительных синергетических эффектов;
- необходимость диверсифицировать риски, связанные с резко растущими инвестициями.

Если ближайшие перспективы нанотехнологий связаны главным образом с технологиями «сверху вниз» (например, миниатюризацией полупроводников), то в дальнейшем акценты все более будут смещаться к технологиям «снизу вверх» (молекулярные устройства, технология самоорганизации и т. д.). Последние несут ожидания более радикального прогресса, однако обладают значительно большей неопределенностью. Процессы их развития, как правило, нелинейны с взаимными обратными связями между нанонаукой и нанотехнологией. Вследствие сложности таких технологий трудно не только оценить заранее рациональность инвестиции в них, но и измерить ее экономическую эффективность впоследствии. Это предъявляет серьезные вызовы построению инновационных систем для коммерциализации нанотехнологий, актуализирует проблему совершенствования методов управления НИР. Пока, к сожалению, ни одной стране не удалось найти оптимального ответа на эти вызовы.

С учетом масштабов инвестиций в сферу нанотехнологий неизбежно возникает склонность к преувеличению научно-технических и экономических эффектов в некоторых аналитических исследованиях и прогнозах, опирающихся на различную терминологию. Подобное положение дел не может не вызывать озабоченности, поскольку способно оказывать дезориентирующее воздействие на принятие обоснованных управленческих решений.

В работе Г. Л. Азоева выделены эффекты наноиндустрии, на основании чего в дальнейшем предлагается строить маркетинговую стратегию продвижения на рынок [2]. Общую классификацию эффектов можно дополнить эффектами в основных секторах экономики.

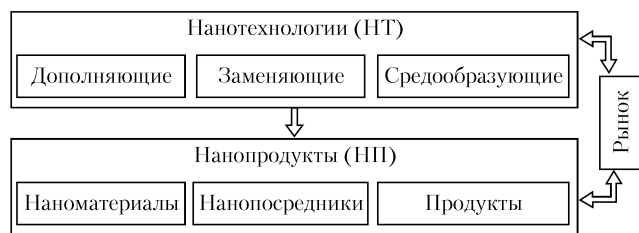


Рис. 1. Типология уровней взаимодействия нанотехнологических разработок

Бурное развитие нанотехнологий в будущем может кардинально изменить облик современного мира. Появятся новые отрасли экономики, исчезнут устаревшие производства, произойдет новое перераспределение влияния между странами и регионами. Активное использование нанотехнологий в совокупности с автоталитическим ростом объема инвестиций в данный сектор исследований способно привести к *существенным социально-экономическим изменениям, оценить которые представляется достаточно сложным.*

Применение синергетического подхода для анализа социально-экономических последствий научно-технического прогресса становится в последнее время особенно востребованным. В рамках синергетических представлений эволюция любой экономико-технологической системы представляет собой качественное изменение ее структуры и функционирования за счет кооперативного взаимодействия ее компонентов. С закономерностями саморазвития системы связаны *синергетические эффекты*. По знаку (направленности) эффекты могут быть как положительные, так и отрицательные. При этом синергетические эффекты могут носить вид действительной, потенциальной и упущенной возможности. Не вдаваясь в детальные характеристики синергетических эффектов, покажем методологические подходы к оценке этих эффектов для нанотехнологий (рис. 2).

**Технологические дорожные карты.** Основой оценки синергетического эффекта развития nanoиндустрии являются *технологические дорожные карты*, возможные сценарии которых отражаются в *модифицированном межотраслевом балансе*. Использование дорожных карт для оценки эффектов развития nanoиндустрии позволит просматривать не только вероятные сценарии, но и их потенциальную рентабельность, а также выбирать оптимальные пути с точки зрения ресурсной затратности и социально-экономической, бюджетной и экологической эффективности нанотехнологий.

Поскольку нанотехнологии относятся к той категории инновационных изменений в производстве, качественный эффект которых недостаточно понятен и подвержен множеству бифуркаций на небольших интервалах времени, то при оценке синергетических эффектов важно учитывать возможность гибкого реагирования на возможные изменения. В этой связи, дорожная технологическая карта является *интерактивным инструментом*, позволяющим немедленно вносить какие-либо изменения и уточнять сценарии развития nanoиндустрии.

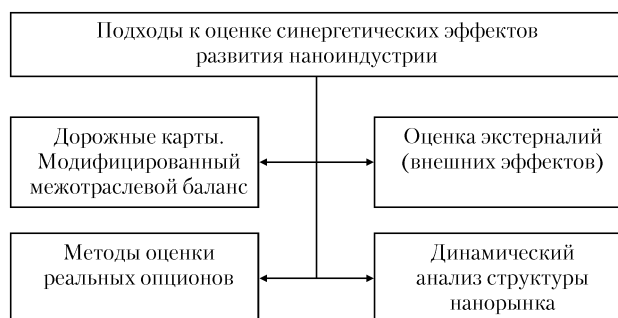


Рис. 2. Методологические подходы к оценке синергетических эффектов развития nanoиндустрии

Определенные в технологической карте показатели эффективности производства и инвестирования в nanoиндустрию, а также изменения количественных характеристик производства (такие как материало-, трудо- и энергоёмкость производства) продукции с использованием нанотехнологий используются в *модифицированном межотраслевом балансе (МОБ)*. Модификация МОБ связана с выделением доли конечной нанопродукции и доли наноматериалов и нанопосредников в *промежуточном потреблении в матрице прямых затрат*. В этом случае логика расчетов синергетических эффектов сводится к прогнозированию матрицы коэффициентов прямых затрат. Это позволит четко выявить и оценить целевой характер структуры экономики и происходящие в ней сдвиги, связанные с nanoиндустрией.

Модифицированный МОБ дает возможность понять, как именно изменится структура производственных связей при включении в нее nanoиндустрии в тех условиях, когда совокупное производство в состоянии удовлетворять конечный спрос даже несмотря на то, что в долгосрочной перспективе структура спроса может существенно измениться.

**Оценка внешних эффектов (экстерналий).** Поскольку синергетические эффекты обусловлены дополнительными выгодами или издержками социально-экономической системы, то указанные эффекты могут быть оценены через *положительные или отрицательные внешние эффекты* (экстерналии). В данном случае синергетический эффект развития nanoиндустрии может быть определен как неопосредованный рынком (то есть не отраженный в ценах) количественный эффект для субъектов, не участвующих в создании или потреблении нанотехнологий. Поскольку общественные (социальные и экологические) эффекты от развития нанотехнологий непредсказуемы, то логично предположить как положительное, так и отрицательное их влияние на социально-экономическую систему в целом.

Если для примера предположить ситуацию наличия положительного внешнего эффекта развития нанотехнологий в медицине. Рыночное равновесие устанавливается в точке пересечения предельных частных выгод и предельных социальных издержек. Между тем предельные социальные выгоды больше предельных частных выгод на *величину внешнего эффекта*. Очевидно, что медицинская нанопродукция (лекарственные средства, диагностическое оборудование и т. п.) производится и покупается в меньшем объеме, по сравнению с эффективным, то есть имеет место недопроизводство товаров и услуг. В этой связи, увеличение объема производства медицинской техники с использованием нанотехнологий увеличивает предельные издержки производства, и, следовательно, продажную цену. Поэтому получатели внешней полезности (а полезность в данном случае заключается в ранней диагностике ряда болезней, снижении рисков смертности и увеличении продолжительности жизни), должны взять на себя часть расходов на производство. Согласно теории общественных благ это достигается путем введения корректирующих субсидий, выделяемых государством производителям благ с положительным внешним эффектом, для того чтобы

приблизить предельные частные выгоды к предельным общественным.

Однако использование данного, на первый взгляд логичного подхода, затруднено в связи с тем, что, во-первых, в реальной практике довольно трудно точно измерить предельные издержки и выгоды; во-вторых, размеры ущерба и выгод определяются в ходе юридических и политических дискуссий весьма приблизительно; в-третьих, для обеспечения эффективности корректирующие налоги и субсидии должны быть очень высокими и они отнюдь не всегда достигают поставленной цели.

**Методы оценки реальных опционов.** Для оценки синергетических эффектов внедрения нанотехнологий может быть использована *опционная теория*. Особенности инвестиционных вложений в нанотехнологии и, соответственно, отдача от них определяются рядом *существенных специфических факторов*:

- промежуток времени от исследования до коммерциализации 10 и более лет;
- геометрический рост инвестиций от момента открытия/изобретения до коммерциализации нанотехнологии;
- необходимость непрерывных и дополнительных инвестиций из-за трудности заранее определить их точный объем;
- необходимость диверсифицировать риски, связанные с резко растущими инвестициями и возможностями, которые можно количественно оценить. Первая из них — возможность изменения параметров нанотехнологического проекта с течением времени. Это может быть расширение или сокращение проекта при изменении рыночной конъюнктуры, изменение источников сырья или отказ от реализации проекта после получения дополнительной информации. Вторая группа возможностей характеризует внешнюю сторону нанотехнологического проекта, т. е. когда выполнение одного проекта делает возможным другой проект, который был бы невозможен без завершения первого.

Под *опционом* в данном случае понимается право, но не обязанность, осуществить те или иные действия в отношении нанотехнологического проекта в определенный момент времени. Для оценки синергетических эффектов нанотехнологического проекта могут быть использованные такие опционы как опцион на выбор времени реализации проекта, опцион на отказ от проекта, опцион на осуществление последовательных инвестиций, опцион на расширение, опцион на сокращение, опцион на приостановку.

Таким образом, следует отметить, что реальные опционы могут быть использованы в качестве важного инструмента при оценке эффектов развития нанотехнологий на всех стадиях от принятия решения по осуществлению инвестиций до завершения проекта. Главная практическая ценность опционной теории состоит в том, что реальные опционы позволяют количественно оценить эффекты, ранее оцениваемые лишь качественно.

**Динамический анализ структуры нанорынка.** Для оценки синергетических эффектов могут применяться *имитационные модели*. В Институте экономики УрО

РАН разработана имитационная динамическая модель взаимного влияния внедрения нанотехнологий на социально-экономическое развитие отраслей других технологических укладов. Суть этой модели в том, что все промышленные предприятия делятся на три группы:

- предприятий, которые в силу различных причин отказываются от нанотехнологической модернизации;
- предприятия, которые заинтересованы в такой модернизации и рассматривают варианты нанотехнологических решений;
- предприятия, которые предлагают нанотехнологические решения.

В предложенной имитационной модели наряду с устойчивым состоянием равновесия возможны и колебательные режимы изменения числа всех типов предприятий, что определяет динамизм технологического развития и появление ситуаций резонансного улучшения условий «нанотехнологического поведения» владельцев и менеджеров промышленных предприятий.

*Таким образом, качественная и количественная оценка синергетических эффектов развития наноиндустрии позволяет увидеть реальные перспективы нанотехнологической модернизации и выработать меры государственной научно-технической политики, которые позволят поставить и достичь адекватных целей развития нанотехнологий в России. Анализ эффектов нанотехнологий различными подходами дает возможность определить реальные рыночные ниши, учесть существенную разницу в позициях стран и регионов в конкурентной борьбе, а это в свою очередь в значительной степени обуславливает общие принципы и конкретные механизмы политики в области нанотехнологий.*

\* \* \*

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 10-06-00153 «Принципы и механизмы влияния нанотехнологий на инновационную динамику».

*Список использованных источников*

1. А. В. Гребенкин. Объективные и субъективные особенности развития нанотехнологий в России // *Инновации*, № 2, 2009.
2. Рынок нано: от нанотехнологий к нанопродуктам / Под ред. Г. Л. Азоева. М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2011.

## **Elements of the future nanoindustry in the Ural region: necessity of methodology and evaluation methods**

**V. V. Akberdina**, Doctor of the economical sciences, Institute of Economics of UB RAS.

**A. V. Grebenkin**, Doctor of the economical sciences, professor, a leading member of the Institute of Economics of UB RAS.

This article analyzes the experience of identification and support of applied research in nanotechnology at the regional level. The models of technological dynamics and interaction of scientific and technological innovation with traditional technologies are developed and presented. Three types of nanotechnology developments functions (addition, substitution, environment-forming) are allocated. Methodological approaches to the assessment of synergistic effects of nanotechnology related to the construction of road maps, assessment of externalities, and introduction of real options valuation methods and the modified input-output are substantiated.

**Keywords:** nanotechnology, model of technological dynamics, synergy, real options, road maps.