

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

МАТЮШЕНКО И. Ю.

кандидат технических наук

ВОВК В. А.

кандидат экономических наук

МОИСЕЕНКО Ю. Н.

соискатель

Харьков

Сегодня российский рынок нанотехнологий находится на начальном этапе своего становления, причем, в практической сфере наблюдается нарастающее отставание. В настоящий момент доля России в общемировом технологическом секторе составляет около 0,3%, а на рынке нанотехнологий – 0,04%. Во многом здесь сказался тот факт, что Россия обратила свое внимание на наноразработки на 7 – 10 лет позже, чем ведущие страны мира [1].

Несмотря на то, что в некоторых важных направлениях (нанофизика, нанохимия, наноматериаловедение) Россия обладает достаточно квалифицированными учеными и имеет заметные научные результаты [2 – 8], однако в целом ряде областей нанонауки (нанобиология, наномедицина и т. п.) исследования только начинаются [9, с. 406]. При этом вовлеченность бизнеса в инвестиционный процесс нанотехнологической отрасли довольно низка.

Стратегическими национальными приоритетами Российской Федерации, изложенными в утвержденных 30 марта 2002 г. Президентом Российской Федерации «**Основах политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу**» [10], были определены: повышение качества жизни населения, достижение экономического роста, развитие фундаментальной науки, образования и культуры, обеспечение обороны и безопасности страны. Для достижения этих целей Правительством РФ было принято решение уделить особое внимание ускоренному развитию **нанотехнологий** на основе накопленного научно-технического задела в этой области и внедрению их в технологический комплекс России.

В России первые сводные предложения по развитию нанотехнологий были подготовлены рабочей группой во главе с нобелевским лауреатом академиком Ж. И. Алферовым и обсуждены на заседании межфракционного депутатского объединения «Наука и высокие технологии» Государственной Думы РФ на тему: «**Нанотехнологии – проблемы развития и подготовки кадров**» 26 октября 2004 года [11].

Рабочей группой под руководством генерал-лейтенанта С. М. Алфимова был подготовлен проект «**Концепции развития в Российской Федерации ра-**

бот в области нанотехнологий на период до 2010 года», который был одобрен в основном Правительством РФ 18 ноября 2004 г. [12]. В этой концепции были определены:

1) **Основные направления развития нанотехнологий в России.** Наиболее значительные практические результаты могут быть достигнуты в следующих областях:

- ✦ в создании *твердых поверхностных и многослойных наноструктур* с заданным электронным спектром и необходимыми электрическими, оптическими, магнитными и другими свойствами с помощью конструирования их на атомном уровне (например, средствами зонной инженерии и инженерии волновых функций) и использования современных высоких технологий (различные модификации молекулярно-пучковой и молекулярно-химической эпитаксии, самоорганизация, электронная литография, технологические методы туннельной микроскопии) с получением в результате принципиально новых объектов и приборов для исследований и различных приложений сверхрешетки, квантовые ямы, точки и нити, квантовые контакты, атомные кластеры, фотонные кристаллы, спин-туннельные структуры;
- ✦ в *экстремальной ультрафиолетовой (ЭУФ) литографии* на основе использования длины волны, равной 13,5 нм, обеспечивающей помимо создания наноэлектронных суперпроизводительных вычислительных систем переход в мир атомных точностей, что неизбежно скажется на смежных областях знаний и производства;
- ✦ в *микроэлектромеханике*, в основе которой лежит объединение поверхностной микрообработки, использующейся в микроэлектронной технологии, с объемной обработкой и применением новых наноматериалов, физических эффектов и LIGA-технологии на основе синхротронного излучения, обеспечивших прорыв в области создания микродвигателей, микроботов, микронасосов для микрофлюидики, микрооптики, сверхчувствительных сенсоров различных физических величин давления, ускорения, температуры, а также создания сверхминиатюрных устройств, способных генерировать энергию, проводить мониторинг окружающей среды, передвигаться, накапливать и передавать информацию, осуществлять определенные воздействия по заложенной программе или команде («умная пыль», микроботы);
- ✦ в конструировании *молекулярных устройств* (наномашин и нанодвигателей, устройств распознавания и хранения информации) и в создании *наноструктур, в которых роль функ-*

циональных элементов выполняют отдельные молекулы. В перспективе это позволит использовать принципы приема и обработки информации, реализуемые в биологических объектах (молекулярная электроника);

- ✦ в разнообразном применении *фуллереноподобных материалов и нанотрубок*, обладающих рядом особых характеристик, включая химическую стойкость, высокие прочность, жесткость, ударную вязкость, электро- и теплопроводность. В зависимости от тонких особенностей молекулярной симметрии фуллерены и нанотрубки могут быть диэлектриками, полупроводниками, обладать металлической и высокотемпературной сверхпроводимостью. Эти свойства в сочетании с наномасштабной геометрией делают их почти идеальными для изготовления электрических проводов, сверхпроводящих соединений или целых устройств, которые с полным основанием можно назвать изделиями молекулярной электроники. Углеродные нанотрубки используются также в качестве игольчатых щупов сканирующих зондовых микроскопов, в дисплеях с полевой эмиссией, высокопрочных композиционных материалах, электронных устройствах, в водородной энергетике в качестве контейнеров для хранения водорода;
- ✦ в создании *новых классов наноматериалов и наноструктур*, включая:
 - *фотонные кристаллы*, поведение света в которых сравнимо с поведением электронов в полупроводниках. На их основе возможно создание приборов с быстродействием более высоким, чем у полупроводниковых аналогов;
 - *разупорядоченные нанокристаллические среды* для лазерной генерации и получения лазерных дисплеев с более высокой яркостью (на 2-3 порядка выше, чем на обычных светодиодах) и большим углом обзора;
 - *функциональную керамику на основе литиевых соединений* для твердотельных топливных элементов, перезаряжаемых твердотельных источников тока, сенсоров газовых и жидких сред для работы в жестких технологических условиях;
 - *квазикристаллические наноматериалы*, обладающие уникальным сочетанием повышенной прочности, низкого коэффициента трения и термостабильности, что делает их перспективными для использования в машиностроении, альтернативной и водородной энергетике;
 - *конструкционные наноструктурные твердые и прочные сплавы* для режущих инструментов с повышенной износостойкостью и ударной вязкостью, а также наноструктурные защитные термо- и коррозионно-стойкие покрытия;
 - *полимерные композиты* с наполнителями из наночастиц и нанотрубок, обладающих повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью;
 - *биосовместимые наноматериалы* для создания искусственной кожи, принципиально новых типов перевязочных материалов с антимикробной, противовирусной и противовоспалительной активностью;

- *наноразмерные порошки с повышенной поверхностной энергией*, в том числе магнитные, для дисперсионного упрочнения сплавов, создания элементов памяти аудио- и видеосистем, добавок к удобрениям, кормам, магнитным жидкостям и краскам;

- *органические наноматериалы*, обладающие многими свойствами, недоступными неорганическим веществам. Органическая нанотехнология на базе самоорганизации позволяет создавать слоистые органические наноструктуры, являющиеся основой органической наноэлектроники и конструировать модели биомембран клеток живых организмов для фундаментальных исследований процессов их функционирования (молекулярная архитектура);

- *полимерные нанокомпозитные и пленочные материалы* для нелинейных оптических и магнитных систем, газовых сенсоров, биосенсоров, мультислойных композитных мембран;

- *покровные полимеры* для защитных пассивирующих, антифрикционных, селективных, просветляющих покрытий;

- *полимерные наноструктуры* для гибких экранов;

- *двумерные сегнетоэлектрические пленки* для энергонезависимых запоминающих устройств;

- *жидкокристаллические наноматериалы* для высокоинформативных и эргономичных типов дисплеев, новых типов жидкокристаллических дисплеев (электронная бумага).

2) **Перспективы использования нанотехнологий.** Использование возможностей нанотехнологий может уже в недалекой перспективе принести резкое увеличение стоимости валового внутреннего продукта и значительный экономический эффект в следующих базовых отраслях экономики:

- ✦ В **машиностроении** увеличение ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий, широкое внедрение нанотехнологических разработок в модернизацию парка высокоточных и прецизионных станков. Созданные с использованием нанотехнологий методы измерений и позиционирования обеспечат адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента непосредственно в ходе технологического процесса. Например, эти решения позволят снизить погрешность обработки с 40 мкм до сотен нанометров при стоимости такого отечественного станка около 12 тыс. долл. и затратах на модернизацию не более 3 тыс. долл. Аналогичные по точности серийные зарубежные станки стоят не менее 300 – 500 тыс. долл. При этом в модернизации нуждаются не менее 1 млн активно используемых металлорежущих станков из примерно 2,5 млн станков, находящихся на балансе российских предприятий.
- ✦ В **двигателестроении и автомобильной промышленности** за счет применения наноматериалов, более точной обработки и восстановления

- ния поверхностей можно добиться значительного (до 1,5 – 4 раз) увеличения ресурса работы автотранспорта, а также снижения втрое эксплуатационных затрат (в том числе расхода топлива), улучшения совокупности технических показателей (снижение шума, вредных выбросов), что позволяет успешнее конкурировать как на внутреннем, так и на внешнем рынках.
- ✦ В **электронике и оптоэлектронике** расширение возможностей радиолокационных систем за счет применения фазированных антенных решеток с малошумящими СВЧ-транзисторами на основе наноструктур и волоконно-оптических линий связи с повышенной пропускной способностью с использованием фотоприемников и инжекционных лазеров на структурах с квантовыми точками; совершенствование тепловизионных обзорно-прицельных систем на основе использования матричных фотоприемных устройств, изготовленных на базе нанотехнологий и отличающихся высоким температурным разрешением; создание мощных экономичных инжекционных лазеров на основе наноструктур для накачки твердотельных лазеров, используемых в фемтосекундных системах.
 - ✦ В **информатике** многократное повышение производительности систем передачи, обработки и хранения информации, а также создание новых архитектур высокопроизводительных устройств с приближением возможностей вычислительных систем к свойствам объектов живой природы с элементами интеллекта; адаптивное распределение управления функциональными системами, специализированные компоненты которых способны к самообучению и координированным действиям для достижения цели.
 - ✦ В **энергетике** (в том числе атомной) наноматериалы используются для совершенствования технологии создания топливных и конструкционных элементов, повышения эффективности существующего оборудования и развития альтернативной энергетики (адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур, увеличение в несколько раз эффективности солнечных батарей на основе процессов накопления и энергопереноса в неорганических и органических материалах с нанослоевой и кластерно-фрактальной структурой, разработка электродов с развитой поверхностью для водородной энергетики на основе трековых мембран). Кроме того, наноматериалы применяются в тепловыделяющих и нейтронпоглощающих элементах ядерных реакторов; с помощью нанодатчиков обеспечивается охрана окружающей среды при хранении и переработке отработавшего ядерного топлива и мониторинга всех технологических процедур для управления качеством сборки и эксплуатации ядерных систем; наночастицы используются для разделения сред в производстве и переработке ядерного топлива.

- ✦ В **сельском хозяйстве** применение нанопрепаратов стероидного ряда, совмещенных с бактериородопсином, показало существенное (в среднем 1,5 – 2 раза) увеличение урожайности практически всех продовольственных (картофель, зерновые, овощные, плодово-ягодные) и технических (хлопок, лен) культур, повышение их устойчивости к неблагоприятным погодным условиям. Например, в опытах на различных видах животных показано резкое повышение их сопротивляемости стрессам и инфекциям (падеж снижается в 2 раза относительно контрольных групп животных) и повышение продуктивности по всем показателям в 1,5 – 3 раза.
- ✦ В **здравоохранении** нанотехнологий обеспечивают ускорение разработки новых лекарств, создание высокоэффективных нанопрепаративных форм и способов доставки лекарственных средств к очагу заболевания. Широкая перспектива открывается и в области медицинской техники (разработка средств диагностики, проведение нетравматических операций, создание искусственных органов). Общеизвестно, что рынок здравоохранения является одним из самых значительных в мире, в то же время он слабо структурирован и в принципе «не насыщаем», а решаемые задачи носят гуманитарный характер.
- ✦ В **экологии** перспективными направлениями являются использование фильтров и мембран на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха, опреснения морской воды, а также использование различных сенсоров для быстрого биохимического определения химического и биологического воздействий, синтез новых экологически чистых материалов, биосовместимых и биodeградируемых полимеров, создание новых методов утилизации и переработки отходов. Кроме того, существенное значение имеет перспектива применения нанопрепаративных форм на основе бактериородопсина. Исследования, проведенные с натуральными образцами почв, пораженных радиационно и химически (в том числе и черновобельскими), показали возможность восстановления их с помощью разработанных препаратов до естественного состояния микрофлоры и плодородности за 2,5 – 3 месяца при радиационных поражениях и за 5 – 6 месяцев при химических.

3) **Ключевые проблемы развития нанотехнологий в России.** Анализ мирового опыта формирования национальных и региональных программ по новым научно-техническим направлениям свидетельствует о необходимости выявления некоторых ключевых проблем в области разработки наноматериалов и нанотехнологий.

Первая проблема – формирование круга наиболее перспективных их потребителей, которые могут обеспечить максимальную эффективность применения современных достижений. Необходимо выявить, а затем и сформировать потребности общества в развитии нанотехнологий и наноматериалов, способных суще-

ственно повлиять на экономику, технику, производство, здравоохранение, экологию, образование, оборону и безопасность государства.

Вторая проблема – *повышение эффективности применения наноматериалов и нанотехнологий*. На начальном этапе стоимость наноматериалов будет выше, чем обычных материалов, но более высокая эффективность их применения будет давать прибыль. Поэтому необходимо среднесрочное и долгосрочное финансирование НИОКР по наноматериалам и нанотехнологиям с выбором способов реализации программы, включая масштабы и источники финансирования. Государство заинтересовано в быстрейшем развитии перспективного направления, поэтому оно должно взять на себя основные расходы на проведение фундаментальных и прикладных исследований, формирование инноваций.

Третья проблема – *собственно разработка новых промышленных технологий получения наноматериалов*, которые позволят России сохранить некоторые приоритеты в науке и производстве.

Четвертая проблема – *обеспечение перехода от микротехнологий к нанотехнологиям и доведение разработок нанотехнологий до промышленного производства*, особенно в области электроники и информатики.

Пятая проблема – широкомасштабное развитие фундаментальных исследований во всех областях науки и техники, связанных с развитием нанотехнологий.

Шестая проблема – создание исследовательской инфраструктуры, включая:

- ✦ организацию центров коллективного пользования уникальным технологическим и диагностическим оборудованием;
- ✦ современное приборное оснащение научных и производственных организаций инструментами и приборами для проведения работ в области нанотехнологий;
- ✦ обеспечение доступа научно-технического персонала к синхротронным и нейтронным источникам (как российским, так и зарубежным), к сверхпроизводительным вычислительным комплексам;
- ✦ разработку специальной метрологии и государственных стандартов в области нанотехнологий;
- ✦ развитие физических и аппаратурно-методических основ адекватной диагностики наноматериалов на базе электронной микроскопии высокого разрешения, сканирующей электронной и туннельной микроскопии, поверхностно-чувствительных рентгеновских методик с использованием синхротронного излучения, электронной микроскопии для химического анализа, электронной спектроскопии, фотоэлектронной спектроскопии.

Седьмая проблема – *создание финансово-экономического механизма формирования оборотных средств у институтов и предприятий-разработчиков наноматериалов и нанотехнологий*, а также развитие инфраструктуры, обеспечивающей поддержку инновационной деятельности в этой сфере на всех ее стадиях

от выполнения научно-технических разработок до реализации высокотехнологической продукции.

Восьмая проблема – *привлечение, подготовка и закрепление квалифицированных научных, инженерных и рабочих кадров* для обновленного технологического комплекса Российской Федерации.

В целом, в России *фундаментальные научно-исследовательские работы* по нанотехнологиям проводятся по нескольким направлениям, наиболее крупные из которых [13, с. 66 – 69]:

– «Физика наноструктур» под руководством академика РАН, нобелевского лауреата Жореса Ивановича Алферова;

– «Перспективные технологии и устройства в микро- и нанoeлектронике» под руководством академика РАН Камиля Ахметовича Валиева.

Так, в *Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе РАН* под руководством Ж. И. Алферова осуществляются разработки полупроводниковых наногетероструктур и интегральных схем, получившие международное признание (Нобелевская премия 2000 года в области физики). Известная в настоящее время светодиодная техника базируется на таких гетероструктурах. Значительные результаты нанотехнологических исследований достигнуты в *Институте проблем технологии и макроэлектроники РАН* под руководством В. И. Аристова, а также в *Физическом институте имени П. Н. Лебедева РАН* под руководством Ю. В. Копаева.

В частности, фундаментальные исследования в области химических технологий позволили получить нанокристаллические (НК) и сверхмикрорекристаллические (СМК) материалы, обладающие комплексом особых физико-химических и механических свойств. Они могут успешно использоваться в экстремальных условиях эксплуатации: при низких температурах, в зоне интенсивного радиационного излучения, в высоконагруженных конструкциях и агрессивных средах. На основе НК- и СМК-структур можно создавать металлические и интерметаллические материалы с высокими демпфирующими свойствами, высокопрочные и сверхлегкие металлополимерные композиты для применения в постоянных магнитах, высоковольтных контактах, катализаторах и фильтрующих элементах, а также в медицине для изготовления сверхпрочных, сверхлегких, коррозионностойких костных имплантантов.

Для развития и координации работ в области нанотехнологий:

1) в 2007 году было создано новое подразделение в Российской академии наук – *Отделение нанотехнологий и информационных технологий* под руководством академика Е. П. Велихова (заместитель – Ж. И. Алферов);

2) в 2008 году создана общероссийская общественная организация «*Нанотехнологическое общество России*» (НОР), президентом которой был избран академик РАН Ю. Д. Третьяков (МГУ).

В настоящее время в мире в общей сложности выдано более 10 000 патентов на изобретения в области нанотехнологий. Юолее 2030 патентов зарегистрировано в России, но из них отечественными патентообладателями являются не более 30 человек [13, с. 69].

24 апреля 2007 года Правительством Российской Федерации утверждена «Программа развития **наноиндустрии в Российской Федерации до 2015 года**». Ее цель – создание в России современной инфраструктуры национальной нанотехнологической сети (ННС) для развития и реализации потенциала российской наноиндустрии.

В настоящее время также реализуется Федеральная адресная инвестиционная программа, программы Российской академии наук (РАН) и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), а также ряд федеральных целевых программ Министерства образования и науки РФ, предусматривающих развитие специализированных направлений наноиндустрии.

Основные *федеральные целевые программы (ФЦП) в области нанотехнологий*:

1) «**Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2012 гг.**», в рамках которой уделялось особое внимание разделу «**Новые материалы и химические продукты**». В директивных документах этой Программы отмечается, что указанный раздел является важным для обеспечения прогрессивных сдвигов в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и связи, оборонном комплексе, медицине и здравоохранении, при производстве продовольственных товаров, в дальнейших научных исследованиях [14]. Выполнение поисково-прикладных исследований и реализация разработок раздела позволит:

- ✦ создать технологические основы, позволяющие минимизировать затраты при очистке и утилизации отходов, а также при снабжении населения качественной питьевой водой;
- ✦ разработать широкую гамму образцов катализаторов новых поколений со снижением капитальных затрат на создание соответствующих производств;

- ✦ уменьшить расход энергоресурсов и сырья, обеспечить экологическую безопасность;
- ✦ получить образцы новых полимерных материалов, эластомеров, композиционных материалов, сверхпрочных волокон и нитей, жаростойких многослойных систем;
- ✦ разработать технологические основы производства сверхтвердых материалов, фуллеренов, углеродных нанотрубок;
- ✦ создать новые типы мембранных материалов;
- ✦ создать образцы гибких автоматизированных производств;
- ✦ разработать экологически безопасные и ресурсосберегающие технологии производства продукции для социального сектора;
- ✦ осуществить моделирование химических инцидентов и физико-химической оценки безопасности объектов химической промышленности;
- ✦ разработать технологические основы производства керамических, композиционных стекломатериалов, коррозионно-стойких сортов стали, конструкционных легких сплавов;
- ✦ доработать технологические решения производства материалов для волоконно-оптических линий связи и вычислительной техники и т. д.

2) «**Национальная технологическая база**» на 2005 – 2006 гг., на 2007 – 2011 гг., в рамках которой проводились работы по созданию наноматериалов и нанотехнологий, перечень которых был подготовлен рабочей группой под руководством академика М. В. Алфимова.

3) «**Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 – 2010 гг.**», в которой было выделено бюджетное финансирование в объеме 27,7 млрд руб. ряда технических и инфраструктурных направлений (табл. 1).

Таблица 1

Объемы финансирования ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2008 – 2010 гг.» по государственным заказчикам и источникам финансирования (млн руб., в ценах соответствующих лет)

№ пп	Направления	Госзаказчик	Головная организация отрасли	Объем финансирования – всего	В том числе		
					2008	2009	2010
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Нанoeлектроника (в части прикладных работ и НИОКР) и композитные материалы	Роспром	ФГУП «НИИ физических проблем им. Ф. В. Лукина»	1166,6	411,8	456,2	298,6
2	Композитные наноматериалы	Роспром	ФГУП «Всероссийский НИИ авиационных материалов»				
3	Наноинженерия	Рособразование	ГОУВПО «Московский государственный институт электронной техники (технический университет)	7508,6	2946,6	2200,9	2361,1
4.	Функциональные наноматериалы для энергетики	Росатом	ФГУП «Всероссийский НИИ неорганических материалов им. А. А. Бочвара	1097,5	353	400,4	344,1

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Функциональные наноматериалы для космической техники	Роскосмос	ФГУП «Исследовательский центр им. М. В. Келдыша»	777	222	277,5	277,5
6	Нанобиотехнологии	Роснаука	ФГУ Российский научный центр «Курчатовский институт»	13730,4	5335,5	4339,1	4055,8
7	Конструкционные наноматериалы	Роснаука	ФГУП «Центральный НИИ конструкционных материалов «Прометей»; ФГУ «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов»				
8	Нанотехнологии для систем безопасности	ФСТЭК России	ФГУП «Центральный НИИ химии и механики»	874,2	446,4	270,2	157,6
	Ростехрегулирование			1934,9	614,7	654,5	665,7
	Российская академия наук			643,8	277,5	210,9	155,4
ВСЕГО				27733,0	10607,5	8809,7	8315,8

Федеральное государственное учреждение *Российский научный центр (ФГУ РНЦ) «Курчатовский институт»* назначен головной организацией по нескольким основным направлениям: «Нанобиотехнологии», «Наноэнергетика», «Нанотехнологии ТЭК». Он также является профильной организацией по направлениям «Наноэлектроника», «Наноинженерия», «Функциональные наноматериалы и высокочистые вещества», «Функциональные наноматериалы для энергетики», «Функциональные наноматериалы для космической техники», «Конструкционные наноматериалы», «Нанотехнологии для систем безопасности».

Для реализации государственной политики и развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, а также реализации проектов по созданию перспективных нанотехнологий и наноиндустрии специальным Федеральным законом от 19 июля 2007 года № 139-ФЗ была учреждена Государственная корпорация «**Российская корпорация нанотехнологий**» (с 20 августа 2008 года – «РОСНАНО»). В ее уставной капитал правительство Российской Федерации внесло имущественный взнос в размере 130 млрд рублей для обеспечения деятельности корпорации, а еще 50 млрд руб. поручено привлечь на открытых конкурсах. Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 года № 2287-р. [государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» была преобразована в открытое акционерное общество (ОАО); преобразование было завершено 11 марта 2011 года. Органами управления компании являются наблюдательный совет, правление и генеральный директор. Органом внутреннего финансового контроля является ревизионная комиссия. Также в «Роснано» формируется консультативный орган — научно-технический совет.

На 1 сентября 2010 года наблюдательный совет «Роснано» одобрил к софинансированию 93 проекта (82 инвестиционных проекта, 7 фондов и 4 наноцентра)

с общим бюджетом 302,1 млрд рублей, включая долю компании в объеме 123,1 млрд рублей. В «Роснано» к этой дате поступило 1758 заявок на софинансирование проектов в сфере нанотехнологий, из которых 1037 были отклонены, 308 находились на стадии внутренней научно-технической и инвестиционной экспертизы, а 320 проходили стадию рассмотрения в научно-техническом совете и в инвестиционном комитете [16].

В табл. 2 приведены основные направления инвестиционной деятельности «РОСНАНО», а также представлены основные тематические направления создаваемой национальной наносети.

Следует учесть, что сегодня начался активный раздел мирового рынка в этой сфере, завершение которого ожидается к 2015 году, когда объем рынка нанопродукции возрастет до 1,2 – 1,5 млрд долл. США.

В целом, по планам российского правительства в 2015 году Российская Федерация в общем объеме должна изготовить продукции с применением нанотехнологий на сумму до 2,5 трлн долларов. По словам Президента Российской Федерации Д. А. Медведева, рынок российской наноиндустрии к 2015 году должен достигнуть объема в 900 млрд рублей. При этом четверть произведенных в отрасли товаров пойдет на экспорт, что позволит снизить зависимость экономики страны от продажи энергетических ресурсов. В ближайшие пять лет государство планирует вложить в развитие нанотехнологий 318 млрд рублей [13, с. 75].

Сегодня, в России производством коммерческих партий наночастиц занимается ряд известных научно-исследовательских центров (табл. 3) [13, с. 121 – 122].

Уже сегодня в России работают более 100 предприятий, выпускающих нанотехнологическую продукцию мирового качества (табл. 4) [13, с. 73 – 74].

Таблица 2

Основные направления инвестиционной деятельности «РОСНАНО» и основные тематические направления создаваемой в РФ наносети до 2015 г.

№ пп	Направления инвестиционной деятельности «РОСНАНО»	Объем инвестиций, млрд рублей	Объем реализации (план к 2015 г.), млрд рублей	Тематические направления национальной наносети
1	Наноструктурированные материалы	3,3	21,7	– Композиционные наноматериалы; – функциональные наноматериалы с особыми физическими свойствами; – функциональные наноматериалы для энергетики
2	Солнечная энергетика и энергосбережение	3,6	10,3	– наноэнергетика; – нанотехнологии ТЭК
3	Медицина и биотехнологии	1,3	4,6	– нанобиотехнологии (наномедицина, нанофармакология, нанотехнологии для сельского хозяйства)
4	Оптическая и наноэлектроника	3,4 (из них 1,8 – корпорация)	7,4	– наноэлектроника
5	Машиностроение и металлообработка			– еонструкционные наноматериалы (углеродные материалы, металлы, сплавы, стекла, керамика, полимеры); – наноинженерия; – нанотехнологии для безопасности; – метрология и стандартизация в области нанотехнологий
6	Развитие нанотехнологической инфраструктуры			

Таблица 3

Некоторые российские производители наноматериалов

№ пп	Производитель, город	Получаемые наноматериалы
1	Отраслевая лаборатория (при Московском инженерно-физическом институте (МИФИ)), Москва	Синтез нанодисперсных порошков (углеродных, металлических, оксидных) для снижения температуры спекания топливных таблеток двуоксида урана, фильтров сверхтонкой очистки, водородных аккумуляторов, анти-коррозионных покрытий, магнитных красок для защиты ценных бумаг
2	Институт физической химии РАН, Москва	Тонкие наноструктурированные алмазные пленки
3	Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка	Графитовые нановолокна и углеродные нанотрубки, насыщенные 6 – 6,9% (по массе) водорода
4	Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург	Получение оксидных нанопорошков
5	Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск	Плазменное нанесение наноструктурированных покрытий
6	Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск	– Механохимический синтез наноматериалов; – нанокомпозиты на основе твердых материалов с высокой ионной проводимостью для компактных источников электропитания, миниатюрных батареек; – наноструктурированные аспирин и серебро
7	НТЦ, НИИПА, НИИ прикладной акустики, Нанотех-Дубна	Квантовые точки для оптических сенсоров, флуоресцирующих маркеров, фотосенсибилизаторов в медицине, фотодетекторов в ИК-области, солнечных батарей, светодиодов, источников белого света, одноэлектронных транзисторов и нелинейно-оптических устройств

В настоящее время, в рамках общего проекта изучения рынка нанотехнологий, Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) Государст-

венного университета «Высшая школа экономики» в соответствии с контрактом с «РОСНАНО» проводит Форсайт-исследование с целью построения прогнозов

Некоторые наиболее известные российские производители нанотехнологической продукции

№ пп	Предприятие-изготовитель	Наименование продукции
1	ЗАО «НТ – МДТ»	Сканирующие зондовые микроскопы, исследовательское оборудование и т. д.
2	ОАО «Научно-производственное предприятие «Квант»	Автономные источники электропитания и средства диагностики
3	ООО «Научно-производственный центр завода «Красное знамя»	Фотоэлектрические преобразователи, фотоэлектрические солнечные модули и наземные солнечные энергоустановки
4	ЗАО НПФ «Микран»	Наногетероструктурная СВЧ-электроника, аппаратура беспроводных систем связи и телекоммуникаций
5	ООО «Светлана-Оптоэлектроника»	Светодиодные светильники и оборудование
6	Nano Solar Technology Ltd	Солнечные модули по технологии тонких пленок Micromorph
7	ООО «Микроприбор Технолджи»	Режущий инструмент из сверхтвердого наноструктурированного материала
8	ОАО «Северсталь»	Нанокпозиционные стали
9	ООО «Нанобетон»	Наномодифицированный бетон, строительная продукция
10	ООО «Лаборатории триботехнологии»	Нанотехнологическая автохимия, автокосметика
11	ОАО «Амальгама Материалз Групп»	Нанодисперсные порошки оксидов металлов
12	ООО «Ра»	Аппараты для мембранного лечения и/или донорского плазмафореза и гемосорбции и т. д.
13	ООО «Институт прикладной нанотехнологии»	Ортопедические протезы, бактерицидные наноматериалы
14	ЗАО «Лаборатория Низар-А»	Нанокосметика (маски, кремы, бальзамы и т. д.)
15	ООО «Гелиос»	Зубная паста с наночастицами серебра, нанокосметика

рынков сферы нанотехнологий и определения наиболее перспективных направлений развития данных рынков (изделий и технологий) на кратко-, средне- и долгосрочный период (до 2030 года). Многоуровневый анкетный опрос по методу Дельфи отечественных и зарубежных экспертов проводится в два этапа (первичная оценка и уточнение), а затем строится система дорожных карт применения нанотехнологий в различных областях, в том числе энергосбережения, аэрокосмической технике и т. д.

В результате выполненных прогнозов специалистов ИСИЭЗ (Россия), консалтинговой компании Lux Research (США), Ассоциации независимых исследовательских институтов (Association of Independent Research Institutes, Великобритания), Центра нанотехнологий (Nanotec IT, Италия) и др., а также на основании материалов дорожных карт развития нанотехнологий (Roadmaps at 2015 on nanotechnology application in the sectors of materials, health & medical systems, energy, 2006) выделяют *три основные этапа развития и появления поколений наноразработок* (табл. 5) [13, с. 361 – 363].

Таким образом, сегодня Россия, несмотря на достаточно плодотворный путь, пройденный нанонаукой, все же находится в начале пути ее развития.

Созданием госкорпорации «Роснано» и принятием в 2007 году ряда федеральных программ в области развития нанопромышленности Россия вступила в конкурентную борьбу за рынки нанотехнологических инноваций. Это может стать шансом для России, который позволит выскочить из проторенной колеи, ведущей страну в раз-

ряд сырьевых приращков экономически развитых государств. Кроме того, по мнению экспертов [15], выполнение подобных исследований и разработок в тесном взаимодействии Украины, России и других стран СНГ позволит поднять рентабельность ведущих отраслей народного хозяйства, обеспечить дальнейший научно-технический прогресс и развитие материального производства, укрепить государственную безопасность, улучшить качество среды обитания человека и повысить благосостояние населения в указанных странах. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Пустовалов В. К. Развитие нанотехнологий – один из возможных путей выхода из мирового экономического кризиса // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики в контексте преодоления мирового финансового кризиса. Материалы XIV международной научно-практической конференции по инновационной деятельности, Киев-Симферополь-Алушта, 2009. – С. 261 – 264.
2. Андриевский Р. А., Рагуля Ф. В. Наноструктурные материалы. – М.: Изд. центр «Академия», 2005.
3. Kostoff R. N., Stump I. A., Jonson D. et al. Journal of Nanoparticle Research, 8, № 3, 2006.
4. Алферов Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепции и применения в физике, электронике и технологии (Нобелевская лекция, Стокгольм, 8.12.2000) // Успехи физ. наук. – 2002. – № 172 (9). – С. 1068.
5. Валиев Р. З., Александров И. В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000.

Основные этапы развития и появления поколений наноразработок

№ п/п	Этап	Название	Характеристика
1	Первый этап, 2000 – 2005 гг.	«Пассивные наноструктуры» (инкрементные нанотехнологии)	1. Производство и применение нанодисперсных порошков, которые в целях модификации свойств базовых материалов вводили в различные конструкционные материалы: металлы и сплавы, полимеры и керамику, а также добавляли в лекарства, косметику, пищу и другие изделия. 2. Это достаточно примитивное поколение наноматериалов уже широко освоено производством и применяется во многих товарах народного потребления. 3. Лишь немногие наноразработки нашли свое применение в высокотехнологических отраслях промышленности.
2	Второй этап, 2005 – 2015 гг. <i>Два периода: (2005 – 2015); (2010 – 2015)</i>	«Эволюционные нанотехнологии» <i>Два периода: «активные наноструктуры»; «системы наносистем»</i>	1. Прорыв в области нанотехнологической инновационной деятельности. 2. Создание компонентов наноэлектроники, фотоники, нанобиотехнологий, медицинских товаров и оборудования, нейроэлектронных интерфейсов и наноэлектро-механических (НЭМС) систем. 3. Значительное снижение роли первичных наноматериалов (пассивных наноструктур). 4. Расширенное применение нанобиотехнологий в фармацевтической промышленности (до 23%) и косметической отрасли. 5. Нанотехнологии будут использоваться во всей (100%) компьютерной и радиоэлектронной технике, в 85 % бытовой и автомобильной техники. 6. Начало перехода к управляемой самосборке наносистем, созданию трехмерных сетей, нанороботов и т. п. Создание прототипов (в лабораторных условиях)
3	Третий этап, после 2020 г.	«Молекулярные наносистемы» (радикальные нанотехнологии)	1. Молекулярные устройства, атомный дизайн и т. д. 2. К 2040 году будет усовершенствован «универсальный репликатор», основанный на нанотехнологиях и позволяющий создавать объект любой сложности при наличии сырья и информационной матрицы. 3. Полная трансформация промышленности и сельского хозяйства, появление киборгов, развитие искусств, развлечений, образования

6. Суздаев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.– М.: Ком-Книга, 2006.

7. Научная сессия общего собрания РАН по нанотехнологии // Вестник Российской академии наук.– 2003.– Т. 73. № 5.– С. 387 – 462.

8. Наноматериалы и нанотехнологии / Алферов Ж. И., Асеев А. Л., Гапонов С. В., Копьев П. С. и др. // Микросистемная техника.– 2003.– № 8.– С. 3 – 13.

9. Альтман Ю. Военные нанотехнологии / Ю. Альтман.– М.: Техносфера, 2006.– 416 с.

10. Основы политики Российской Федерации в области науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Поиск.– 2002.– № 16 (19 апреля).

11. Наноматериалы и нанотехнологии / Алферов Ж. И., Асеев А. Л., Гапонов С. В., Копьев П. С. и др. // Микросистемная техника.– 2003.– № 8.– С. 3 – 13.

12. Развитие в России работ в области нанотехнологий / Алфимов С. М., Быков В. А., Гребенников Е. П., Желудева С. И. и др. // Микросистемная техника.– 2004.– № 8.– С. 2 – 8.

13. Балабанов В. И. Нанотехнологии: правда и вымысел / В. Балабанов, И. Балабанов.– М.: Эксмо, 2010.– 384 с.

14. Богорощ А. Т., Соловьев В. П., Воронов С. А. Современная стратегия развития и интеграции науки в сфере новых веществ и материалов / Проблемы и перспективы инновационного развития экономики. Материалы XIII международной научно-практической конференции по инновационной деятельности, Киев – Симферополь – Севастополь, 2008.– С. 207 – 210.

15. Маліцький Б. А. Сучасний стан наукової сфери України та нова стратегічна доктрина її розвитку / Научное издание: 1-й Международный инновационный форум Содружества независимых государств «Международное инновационное развитие и инновационное сотрудничество: состояние, проблемы и перспективы», Москва – Киев – Алушта, 2006.– С. 3 – 17.

16. <http://www.rusnano.com>