

9 Рынки сбыта, экологические и социальные последствия внедрения нанотехнологий и новых материалов

9.1 Социальные аспекты развития нанотехнологий и наноматериалов

Человечество вступило в XXI столетие с приставкой «нано». На наших глазах разворачивается нанотехнологическая революция – продолжающийся с конца XX в. процесс глубоких качественных изменений в эволюции глобальной экономической системы, связанный с созданием и совершенствованием методов и инструментов производства нанометрических (с параметрами от 1 до 100 нм) материалов и продуктов, характеризующихся кардинально улучшенными физико-химическими и потребительскими свойствами. В перспективе грядет кардинальное изменение состава и структуры товарного мира.

Бурное развитие нанотехнологий, наноматериалов и товаров с наноконпонентами – новый этап прогресса человеческого сообщества. Нанотехнологии способны стать базисом формирования нового технологического и, шире, социально-экономического уклада в глобальных масштабах. Однако, находясь в процессе изменений, практически невозможно составить реалистичное представление о грядущих перспективах и возможных последствиях этого системного процесса. Не случайно наблюдается четкое и довольно жесткое разделение экспертов в области «нано» на два «лагеря» – сторонников и ярых противников.

«Сторонники» нанотехнологий выдвигают завышенные ожидания в отношении будущего наноиндустрии. Так, по оценкам Lux Research, уже в 2014 г. объем глобального рынка нанотрансформированных товаров достигнет \$2,6 трлн. и составит 15% валового мирового продукта. Этот вывод следует из анализа рыночного потенциала нанооптимизированных компонентов и продуктов в различных сферах их применения (электроника, оптика, медицина, экология, энергетика и др.). При этом рынки нанопродукции относятся к наиболее быстро развивающимся. Скажем, средний ожидаемый ежегодный прирост наносегмента рынка полупроводников (на фоне замедления его динамики и сокращения объема в целом) составляет более 40% на период до 2015 г.

В свою очередь «противники» внедрения нанопродукции акцентируют общественное внимание на потенциальных угрозах и рисках нанотехнологического производства и применения продуктов с нанопризнаками. Речь идет, прежде всего, о возможной биологической и экологической опасности нанообъектов. Незрелость технологий оценки и минимизации нанорисков усугубляется тем, что совокупные мощности испытательных токсикологических центров Европы и США неспособны детально исследовать десятки тысяч новых появляющихся материалов и веществ. Механизмы биологического, в частности, токсичного действия наноструктур изучены крайне слабо. Недостаточное внимание уделяется проблемам биоаккумуляции наночастиц и их передачи по пищевым цепям. Известно, что частицы с размером менее 100 нм являются гораздо более ядовитыми, нежели сравнительно крупные частицы идентичного химического состава. Но, несмотря на это, вопросы деградации нанопродуктов (в т.ч. фуллеренов и нанотрубок) и приобретения ими токсичных свойств изучены явно недостаточно. Многие исследователи и эксперты считают нанотехнологии одной из главных глобальных угроз современности. Недопустимо ценой огромных затрат развивать то, что не до конца понятно и практически не контролируемо, а именно таковы нанотехнологии.

Резкая поляризация мнений характерна для этапа зарождения и бурного роста любой укладообразующей технологии. По мере ее массового распространения и рутинизации на фоне роста новых отраслевых макрогенераций формируется «средневзвешенная» общественная позиция, учитывающая как преимущества, так и недостатки передовых видов и способов производства. Пока что «чаша весов» в дискуссии о нанотехнологиях явно склоняется в пользу их лоббистов и адептов. Конечно, можно объяснить этот эффект

на основе социопсихологической концепции «жизнерадостности», но более реалистичной представляется подход методологического институционализма, позволяющий преодолеть иллюзию социальной нейтральности научного поиска и развития технологий.

Институциональный детерминизм научно-технического прогресса связан с ведущей ролью в этом процессе различных «связанных групп» влияния, лоббирующих свои общие и частные статусные интересы. Любая «прорывная» технология потенциально связана с накоплением и расширенным воспроизводством крупного капитала. Поэтому сугубо научно-исследовательские задачи приобретают второстепенный характер, а на передний план выдвигаются задачи маркетингового и лоббистского характера.

Происходит массовая репликация демонстративных стратегий в научной среде, связанных с имитацией принадлежности к передовым технологиям. Так, в последние годы нарастает бурный поток проектов и работ, в названия которых целенаправленно добавляется «грантоемкая» приставка «нано» с целью их актуализации в расчете на получение грантов и инвестиций. Закрепление за нанотехнологиями статуса национального стратегического приоритета означает соответствующие изменения политики грантодателей, что рационально используют исследователи путем маркетинговой мимикрии, модернизируя названия, но не содержание своих разработок. Особую опасность «псевдонаноиндустриализация» представляет в связи с незрелостью экспертного сообщества в области нанотехнологий.

Ведущие научные центры, в свою очередь, форсируют исследования, стремясь доказать обоснованность полученных финансовых «вливаний». Примером является Большой андронный коллайдер, подтвержденных научных результатов в ходе работы которого пока нет, однако новости о том, что «ученые столкнулись с неожиданным эффектом» или «обнаружено принципиально новое явление» появляются с завидной регулярностью. Инвесторы «подгоняют» исследователей, а исследователи вводят инвесторов в заблуждение мнимыми результатами. Если для «чистой» науки «отрицательный результат – тоже результат», то у современной высокотехнологичной и капиталоемкой науки практически нет права на ошибку: его не дают инвесторы и грантодатели.

Когда наука становится объектом интересов крупного капитала, неизбежно происходит превращение ученых в его аффилированных лиц. Подобное институциональное сращивание происходит в большинстве сфер современного крупного бизнеса, например, в фармацевтической индустрии. Преследуя свои статусные интересы аналитические и маркетинговые компании обслуживают экономические интересы крупного капитала в сфере наноиндустрии, по сути выступая его агентами, но игнорируя свою прямую функцию – предоставление объективных оценок рыночных трендов.

Однако следует учитывать особенности методики расчета, ведь к нанотрансформированным отнесены все товары, содержащие даже незначительные нанотехнологические компоненты (nanointermediates). Задача проведенного исследования заключалась, прежде всего, не в реальной оценке рынка нанотоваров, а в обосновании фондового индекса наноиндустрии – The Lux Nanotech Index. Можно вспомнить и «пузырь доткомов», образовавшийся в результате рекламной «накачки» курсов акций интернет-компаний многочисленными экспертами, предвещавшими наступление «новой экономики». Крушение индекса высокотехнологичных компаний NASDAQ в марте 2000 г. положило конец иллюзиям, откорректировав параметры искусственно «перегретого» рынка. Не постигнет ли эта участь наноиндустрию? Аналитики агентства Lux Research прогнозируют, что объем рынка нанотехнологической продукции к 2015 г. превысит \$2,5 трлн. Согласно консервативному прогнозу исследовательской компании Scientifica, объем рынка нанопродукции к 2015 г. дойдет «лишь» до уровня \$1,5 трлн. Еще более пессимистичен сценарий от Global Industry Analysts, согласно которому глобальный рынок наноматериалов к 2012 г. достигнет объема в \$10 млрд. Разница с данными Lux Research более, чем внушительна, даже с учетом перспективы скачкообразного роста интенсивности разворачивания шестого техноуклада.

Лоббистами и промоутерами нанотехнологий выступают правительства, администрации регионов и городов, крупные корпорации, исследовательские институты и фонды, экспертное сообщество. Нанотехнологии активно пропагандируются и рекламируются в США, Евросоюзе и многих странах мира с помощью технологий интегрированного маркетинга. Но PR-акции и рекламные «трюки» неизбежно порождают информационную асимметрию, ретушируя и скрывая потенциальные негативные эффекты и риски развития nanoиндустрии.

По мнению экспертов Всемирной комиссии по этике научных знаний и технологий (COMEST) ООН, наибольшую обеспокоенность вызывают следующие специфические свойства нанотехнологий:

- невидимый характер: невидимость нанотехнологий при их использовании затрудняет контроль и отслеживание их последствий (как и в отношении ядерных технологий);
- быстрое развитие: высокие темпы развития нанотехнологий затрудняют прогнозирование, особенно в долгосрочном плане, их возможных последствий и принятие соответствующих мер;
- использование в военных целях и в целях безопасности: применение нанотехнологий в этих целях может вступать в конфликт с правами человека;
- глобальное воздействие: потенциальное влияние даже на те страны и общества, которые не принимают участия в нанотехнологических разработках;
- опасность «наноразрыва»: возможность увеличения неравенства между развивающимися и развитыми странами.

Кроме того, уже в среднесрочной перспективе актуальной может стать проблема использования нанохимического и нанобиологического оружия криминальными структурами, в том числе террористами. В принципе, становится возможным представить наноробота размером с мельчайшее насекомое (около 200 микрон), способного находить незащищенных людей и впрыскивать им яды. Летальная доза токсина ботулизма составляет примерно 100 нг, поэтому в одном чемодане может храниться 50 млрд. единиц подобного оружия, достаточное, чтобы стереть с лица Земли все ее население. В «Белой книге нанотехнологий» (2007 г.), подготовленной Советом по научной политике Агентства по охране окружающей среды США, приведен впечатляющий перечень потенциальных рисков применения нанотехнологий и наноматериалов, который, по прогнозам авторов, будет расширяться по мере увеличения сложности создаваемых nanoобъектов.

Некоторые ученые говорят о том, что нанотехнологии несут в себе глобальную опасность. Например, Э. Декслер из американского Института предвидения (Foresight Nanotech Institute) еще в конце прошлого века выдвинул теорию, согласно которой поверхность планеты и все живое на ней превратится в единый слой липкой пыли или слизи. По его мнению, это случится в том случае, если самокопирующиеся нанороботы, способные брать вещество из окружающей среды выйдут из под контроля человека. Данная теория получила название концепция «серой слизи» (grey goo problem). Другая группа ученых придерживается более вероятной гипотезы – «зеленой слизи» (green goo problem), суть которой заключается в существовании опасности создания разрушительных вирусов и бактерий, способных быстро размножаясь, уничтожить всю жизнь на планете, разобрав белковые структуры на отдельные молекулы.

Реальная опасность может заключаться в том, что мы просто «не успеем» вовремя провести оценки и выработать меры предосторожности. Многие эксперты исходят из того, что политическая дискуссия относительно оценки возможных последствий нанотехнологий «отстает» примерно на пять лет от реального технологического развития. Необходимо помнить опыт развития ядерной техники, генной инженерии и т.п., то есть воспринимать предостережения и предупреждения об опасности вполне серьезно.

Отрицательные свойства наночастиц, входящих основным компонентом во все наноматериалы, являются продолжением положительных их свойств и качеств.

Необходимы меры, направленные на изучение возможных угроз и их предотвращение. Сегодня США и другие страны пытаются оценить риск применения и развития нанотехнологий. Однако, в США ассигнования на анализ потенциальных угроз применения наноматериалов пока что очень невелики. Согласно подсчетам экспертов организации Project on Emerging Nanotechnologies, их общий объем составляет всего лишь \$39 млн., то есть лишь 4% всех ассигнований на нанотехнологии, идущих из федерального казначейства. Количество проектов, на которые отпускаются эти средства, также довольно скромно - примерно 160.

Европейские страны более серьезно подходят к проблеме безопасности в области нанотехнологий. Во втором докладе Еврокомиссии о внедрении нанотехнологий в 2007-2009 гг. вопросу о безопасности нанотехнологий отведено отдельное место. В частности в нем говорится о том, что все продукты нанотехнологий должны соответствовать высокому уровню защиты окружающей среды, защиты здоровья граждан, характерному для европейского законодательства. В том же докладе отмечается, что нанотехнологичные продукты будут приняты обществом только при условии демонстрации их безопасности производителями, а также при условии принятия их потребителями в качестве безопасных продуктов.

Проблемы безопасности производства наноматериалов законодательно не регулируются, что, с одной стороны, позволяет применять общие правовые нормы, присущие обеспечению безопасного проведения работ, соблюдения правил охраны труда, защиты пациентов; с другой стороны, специфика нанотехнологий такова, что существующие законодательные ограничения не всегда позволяют обеспечить надлежащую безопасность. Если обобщить «за» и «против» влияния нанотехнологий и наноматериалов на общество, то:

сильные стороны:

- уникальные физико-химические свойства наноматериалов;
- быстрая трансформация результатов фундаментальных научных исследований в практически значимые результаты;
- мощная государственная поддержка и пропаганда наноиндустриализации;
- сверхинтенсивные темпы роста рынков нанопродукции;
- каскады инновационных промышленных и потребительских товаров с качественно новыми свойствами;
- резкий прирост новых знаний и повышение среднего уровня компетентности людей;

слабые стороны:

- наноизменения в большей степени охватывают технологии, чем рынок;
- прогностические искажения в оценке темпов роста и объемов рынка нанопродукции;
- недостаточная изученность биологической и экологической опасности нанообъектов;
- дефицит мощностей испытательных токсикологических центров в отношении новых наноматериалов и веществ;
- сложность контроля за использованием нанотехнологией в связи с их невидимостью;
- формальное использование приставки «нано» в маркетинговых целях;

возможности:

экономического кризиса на основе развития наноиндустрии в странах-лидерах и диффузии позитивных эффектов роста;

- решение ряда глобальных проблем человечества (лечение смертельных болезней, резкое удешевление и массовое распространение информационной техники и др.);
- новый импульс развитию малого и среднего инновационного бизнеса, причем высокая капиталоемкость НИОКР в сфере нанотехнологий не создаст значимых препятствий;
- бурный прогресс в естественных и общественных науках в связи с изучением наноуровня их предметных областей, создание основ продуктивного междисциплинарного синтеза в глобальном масштабе;

угрозы:

- использование нанотехнологий в военных целях, а также силовыми ведомствами и спецслужбами;
- применение нанохимического и нанобиологического оружия международными террористами;
- формирование глубокого «наноразрыва» между ведущими и развивающимися странами;
- обострение проблемы утилизации отходов нанопроизводства в связи с их вывозом в страны «третьего мира»;
- аварии на нанопроизводствах и нанесение огромных ущербов окружающей среде;
- трансформация рынка труда, массовая безработица и подъем движения «неолуддитов»;
- раздувание нового «мыльного пузыря» на мировом фондовом рынке и создание основы нового глобального кризиса;
- дискредитация идеи нанотехнологий в результате когнитивного диссонанса.

Безусловно, нуждаются в преодолении мистификация нанотехнологий и сопровождающие ее социальные фобии. Их можно сравнить со страхом перед искусственным интеллектом и тотальным невидимым контролем, сопровождавшим подъем пятого, информационно-технологического уклада. Следует признать иллюзией возможность массовой безработицы в результате вытеснения с рынка труда людей нанороботами, равно как и мнимую угрозу «неолуддизма». Наоборот, нанотехнологический прогресс приведет к необходимости всеобщего высшего образования и кардинальному развитию компетенций у широких масс населения.

Нанотехнологическая революция – закономерный этап глобального научно-технического прогресса. Глубоко дифференцированная система нанорисков и их высокий уровень объективно отражают огромный потенциал наноиндустрии. Более того, уникальные свойства наноматериалов и нанотрансформированных продуктов объективно сопровождаются уникальными рисками. Но это не значит, что от этих рисков и соответствующих им угроз следует абстрагироваться. Необходимо рассматривать их системно в контексте сильных и слабых сторон нанотехнологий, а также предоставляемых ими возможностей для интенсификации экономического развития.

С развитием наноиндустрии все более актуальными становятся порождаемые этим сверхбыстрым процессом проблемы экономической безопасности. Начавшаяся наноиндустриализация, часто поддерживаемая огромными объемами государственного финансирования, сопровождается расширенным воспроизводством иллюзий, что ведет к недооценке угроз и рисков, присущих новому технологическому укладу.

К продукции наноиндустрии могут быть отнесены все четыре группы нанопродуктов по классификации Lux Research:

- 1) наноматериалы (nanomaterials) – наноразмерные структуры в необработанной форме (наночастицы, нанотрубки, фуллерены и др.);
- 2) наноинструменты (nanotools) – техническое оборудование для нанопроизводства, в том числе программное обеспечение для молекулярного моделирования;
- 3) наноинтермедиаты (nanointermediates) – нанокомпоненты для более сложных продуктов (покрытия, ткани, суперпроводящие волокна, чипы, контрастные носители и др.);
- 4) продукты с нанокомпонентами (nano-enabled products) – любая продукция (от авиалайнеров до пластиковых контейнеров), в том или ином объеме содержащая наноинтермедиаты и характеризующаяся улучшенными потребительскими свойствами.

При столь «размытом» определении продукции наноиндустрии оценка объемов ее производства становится весьма затруднительной и допускает широкую вариацию.

Всемирная наноиндустриализация неизбежно отразится на глобальном разделении труда, выразившись в закреплении за странами специализации на «высоких» и «низких» нанотехнологиях. Одни страны будут производить «наноширпотреб», другие поставлять «наносырье» и т.д. Оценивая перспективы шестого, нанотехнологического уклада, не стоит забывать и уроки эволюции пятого уклада. Общество всегда усваивает новые технологии в меру своих потребностей в них и компетенций их использования. Также не

следует забывать, что малый и микробизнес, решающий узкоспецифические задачи выпуска относительно простых нанопродуктов, – основа национальной нанотехнологической сети. Попытка подменить необходимость формирования инфраструктурных и институциональных условий активизации конкуренции созданием искусственной монополии в сфере нанотехнологий обречена на провал. Гипертрофированное госфинансирование – не панацея от институциональных патологий инновационной сферы.

9.2 Потенциал развития рынка нанотехнологий и новых материалов

Наблюдаемый в настоящее время практически повсеместный переход к широкому применению промышленных нанотехнологий является одним из важнейших направлений эффективного мирового научного и технологического развития. В частности, если в 2000 г. мировой рынок нанопродукции оценивался в 2,6 млрд долл. США, то уже в 2009 г. объемы продаж разнообразных продуктов нанотехнологий составили уже 11,67 млрд долл., а в 2014 г. они достигли значения более 25 млрд долл. По прогнозам аналитиков BCC Research, в 2015 г. этот показатель достигнет величины 26 млрд долл. (с ежегодными темпами роста в 11,1%). По прогнозу Национального фонда науки США, к 2015 г. годовой оборот рынка продуктов и услуг наноиндустрии достигнет значения 1 трлн долл.

В 2009 г. самым крупным сегментом рынка нанотехнологий стала продажа наноматериалов — их вклад составил 9,027 млрд долл. К 2015 г. объем продаж наноматериалов достигнет значения 19,6 млрд долл. (с ежегодными темпами роста в 14,7%). Сегмент продаж наноинструментов занял 2-е место — 2,613 млрд долл. Намечено, что к 2015 г. продажи наноинструментов достигнут величины 6,8 млрд долл. В процентном соотношении облик такого рынка прогнозируется следующим образом (рисунок 9.1).

Направления наноиндустрии	Доли рынка, %
Наноэлектроника	40—45
Наноматериалы	30—35
Нанобиотехнологии	9—14
Полимеры	8—12
Наноэлектрохимия	3—5
Нанооптика	2—4

Рисунок 9.1 - Соотношение различных сегментов рынка наноиндустрии

В дальнейшем наиболее быстрорастущим сегментом рынка наноиндустрии станут различные наноустройства. Так, если в 2009 г. объем продаж наноустройств составил всего 31 млн долл., то впоследствии их продажи росли на 46% ежегодно и в 2015 г. они достигнут величины 233,7 млн долл. В настоящий момент доля России в общемировом технологическом секторе чрезвычайно мала и составляет около 0,3%, а на рынке нанотехнологий — лишь 0,04%. Необходимо также отметить, что интенсивно развивается и такой сегмент рынка наноиндустрии, как различная интеллектуальная собственность (рисунок 9.2).

Страна	Научные публикации		Патенты	
	Ед.	%	Ед.	%
США	40 133	26	6 065	52
ЕС	43 659	28	2 400	21
Китай	35 496	23	126	1
Япония	15 009	10	1 235	11
Южная Корея	9 423	6	573	5
Россия	4 650	3	70	1
Весь мир	156 273	100	11 638	100

Рисунок 9.2 - Научная активность стран мира в области нанотехнологий (2005—2007 гг.)

Так, в 2003 г. в области нанотехнологий и наноматериалов в мире было зарегистрировано 8600 патентов на изобретения (в 1976—2003 гг. на США приходилось свыше 60% таких патентов). В частности, в 2003 г. из 8600 этих патентов в странах «Большой восьмерки» на США приходилось 5228 патентов, Японию — 926, Германию — 684, Канаду — 244 и Францию — 183. В свою очередь, в США наибольшее количество патентов на изобретения в области нанотехнологий и наноматериалов используют такие компании, как IBM, Intel и L'Oreal.

Осознавая необходимость успешного развития нанотехнологий, правительственные структуры более чем 35 стран мира уже разработали различные специализированные национальные стратегии, направленные на формирование комплексной системы поддержки исследований в сфере нанотехнологий, последующую коммерциализацию результатов научно-исследовательской деятельности и продвижение продукции nanoиндустрии на мировые рынки сбыта высокотехнологичной продукции.

В частности, для поддержки и развития nanoиндустрии в США с 2000 г. действует Программа развития нанотехнологических исследований «Национальная нанотехнологическая инициатива». В течение 2001—2005 гг. государственное финансирование этой Программы составляло более 4 млрд долл. (причем частные инвестиции примерно в 10 раз превосходили правительственные), а число ученых, занятых в ней, превышало 100 000 человек.

В Европейском союзе Программа развития нанотехнологий включает в себя ряд специальных проектов, направленных на установление лидирующих позиций в основных критических направлениях в этой области (начиная с разработки nanoантенн и nanoустройств, и заканчивая разработкой нанороботов, способных восстанавливать больные человеческие органы). В 2007 г. в ЕС на тематическое направление «Нанонауки, наноматериалы и новые технологии» было выделено финансирование в размере 3,5 млрд евро.

В Японии с 1999 г. действует Национальная программа работ по нанотехнологии. В дальнейшем (в 2005 г.) Министерство экономики, промышленности и торговли Японии инициировало разработку Стратегии развития нанотехнологий и проведение ряда исследований, ориентированных на выявление слабых и сильных позиций японской промышленности, барьеров, возникающих при коммерциализации нанотехнологий.

К особенностям японской Стратегии развития нанотехнологий относятся:

- плановость и централизованная поддержка государства;
- ориентация на использование наноматериалов;
- главная цель — «создание общества гармонии с природой»;
- превышение корпоративного финансирования исследований и разработок в нанотехнологии над бюджетным;
- устойчивая тенденция к переходу от исследований к коммерциализации результатов в области нанотехнологии.

В Китае поддержка нанотехнологий на государственном уровне (Министерством науки и технологий) начала осуществляться с 1990 г. Тогда была принята Программа по поддержке исследований и разработок на период до 2000 г. В 2001 г. была принята новая Национальная программа развития нанотехнологий на период 2001—2006 гг. (с бюджетом в 240 млн долл.).

В результате в Китае nanoиндустрия развивается значительными темпами. Здесь фундаментальные исследования в области нанотехнологии в основном проводятся в Пекине, где сосредоточено около 500 исследовательских институтов (включая институты Китайской академии наук), а также 70 университетов (с контингентом в 380 тыс. человек). В Пекине также находятся свыше 50 национальных лабораторий и более 30 инженерных центров, что превышает 33% от их общего числа в этой стране. Среди них Национальный центр в области науки и нанотехнологии (NCNN) — государственная (обеспеченная самым современным оборудованием) организация, представляющая собой

технологическую исследовательскую платформу, предназначенную для использования научным сообществом Китая и реализации различных международных проектов. Этот Центр способствует расширению международного сотрудничества, повышению конкурентоспособности за рубежом китайских исследований в области нанонауки и нанотехнологий, проведению фундаментальных и прикладных исследований. В состав Центра входят лаборатории процессов и приборов; наноматериалов и структур, медицинской и биотехники; исследования характеристик структур и тестирования; координационного и информационного офисов.

Исследовательский центр в области нанотехнологии (Tsinghua — Foxconn Nanotechnology Research Center — TFNRC) расположен в университете Синьхуа. Этот Центр полностью финансируется одним из крупнейших национальных поставщиков электронных изделий и компонентов — Foxconn Technology Group (FTG), доход которого превышает 62 млрд долл., количество сотрудников — свыше 400 тыс. человек. TFNRC был основан в 2003 г.. Главная его задача — разработка и производство УНТ и сопутствующих наноматериалов и наноизделий. Общая стоимость этого Центра и уставленного в нем исследовательского оборудования превышает 35 млн долл.

Муниципальное правительство КНР поддерживает nanoисследования и соответствующие разработки через Научно-техническую комиссию Пекина и главным образом через входящий в ее состав Центр новых материалов. Годовой бюджет этой Комиссии составляет около 14,7 млн долл.

Промышленная реализация нанотехнологии и защита интеллектуальной собственности в этой сфере в Шанхае достигли довольно широкого размаха — свыше 200 предприятий выпускают различные изделия нанотехники, а годовой объем такой продукции (включаящей и нанообъекты) увеличился с 25 млрд в 2006 г. до 45 млрд долл. в 2009 г.

К числу наиболее интересных исследовательских учреждений Южной группы Китая относится основанный в 2001 г. Шанхайский центр стимулирования развития нанотехнологии (SNPC), который финансируется центральным и муниципальным правительствами Шанхая, а также Национальной комиссией развития и реформ (NDRC) [11]. Главная задача этого Центра — содействие коммерциализации наиболее перспективных разработок в области nanoиндустрии.

Это осуществляется несколькими способами:

- финансированием прикладных работ, через исследовательскую платформу, сформированную для облегчения процесса коммерциализации разработок;
- благодаря созданию необходимых условий для обязательного тестирования наноматериалов;
- через организацию симпозиумов и международных конференций по нанотехнологии;
- посредством обучения ученых и инженеров работе на специализированном оборудовании, используемом для nanoисследований.

Данный Центр является своеобразным инкубатором и оказывает разнообразное содействие стартующим фирмам (до момента их выхода на рынок). Это касается юридических услуг и технологической поддержки. Кроме этого выдаются кредиты на оплату лабораторных помещений и офисов. В настоящее время этим Центром поддерживается около 80 компаний. Годовой бюджет этой организации (выделяемый муниципальным правительством Китая) составляет ~14,7 млн долл.

В 2003 г. был основан Национальный научно-технический центр в области нанотехнологии Национальной комиссией развития и реформ Китая. В этом Центре проводят современные работы Фуданский университет, Шанхайский институт микросистем и информационной технологии, фирма Shanghai Zizhu Venture Capital и др.

Исследовательский центр в области нанонауки Шанхайского университета был создан в 2000 г. Основные направления работы этой организации: наноматериалы, нанобиология, микро- и наномеханика. В рамках этого Центра формируется региональная база по опытному тестированию применения нанотехнологии. Был также образован

Нанобиомедицинский исследовательский центр Шанхайского университета Jiaotong. Исследовательский институт микро- и наноуки и технологии (RIMNST) (филиал Шанхайского университета Jiaotong) был создан в 1983 г. Он был первым исследовательским институтом в Китае, работающим в этой области. RIMNST объединяет несколько исследовательских платформ и превратился в главную лабораторию этой страны по микро- и нанообработке, оснащенную самым современным оборудованием для проведения различных работ в этой области.

Исследования в этой организации осуществляются по следующим направлениям:

- некремниевую микрообработку и МЭМС;
- нанобиомедицинские технологии;
- нанотехнологию и НЭМС.

Согласно Шанхайскому XI плану научно-технического развития основной упор был сделан на информационные технологии (ИТ), а также совершенствование действующих производственных технологий, охрану окружающей среды и здравоохранение.

В области ИТ поддержка оказывается исследованиям и разработкам по конструированию, тестированию, разработке технологических процессов и материалов для изготовления интегральных схем (ИС) с характеристическими размерами элементов 90 нм, а также нано- и микротехнологии (в том числе направленные на формирование межсоединений на наноуровне).

В области совершенствования производственной технологии поддержка оказывается конструированию, современным технологическим процессам, системной интеграции и разработке технологии перспективных материалов. Сюда относятся изделия с малым потреблением энергии, оборудование для транспортировки, биомедицинские и электронные приборы, прецизионное цифровое технологическое оборудование. Значительный вклад в прогресс в нанообласти вносят центры в Ксиане (Xi'an) и Ланжу (Lanzhou) (Северо-Запад), Ченгду (Chengdu) (Юго-Запад) и Wuhan (Центральная Южная область Китая).

В Беларуси была проведена подготовительная работа по созданию Национального научно-технологического парка «Белбиоград», а также подготовка проекта «Концепции формирования и развития наноиндустрии в республике», которые вошли в План совместных действий правительства и Национального банка по достижению в 2012 году запланированных параметров социально-экономического развития. Нанотехнологии являются сквозными технологиями, применение которых возможно в различных отраслях национальной экономики — АПК, промышленности и ИТ-сфере. Массовое использование нанотехнологий будет способствовать появлению значительного количества белорусских товаров с принципиально новыми свойствами. Поэтому для будущего белорусской экономики актуальным является вопрос выбора оптимальных форм хозяйствования и управления, а также инструментов и механизмов стимулирования и господдержки нанотехнологической отрасли.

В Послании Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 17 января 2014 г. были выделены важные сектора национальной экономики: мобильных и мультимедийных технологий, нано- и космических технологий, робототехники, генной инженерии, поиска и открытия энергии будущего. Сегментирование казахстанского рынка нанотехнологий показано на рисунке 9.3.

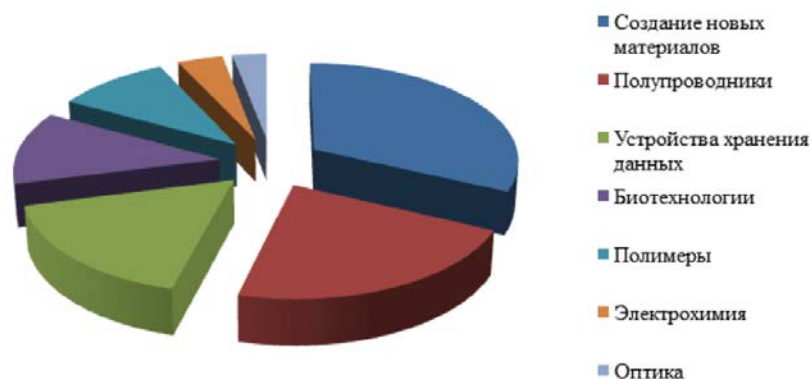


Рисунок 9.3 - Сегментирование казахстанского рынка нанотехнологий по направлениям исследований в 2009 г.

В результате в Казахстане был создан и функционирует Технический комитет по стандартизации ТК 72 «Нанотехнологии». К настоящему времени ТК 72 разработаны первые семь стандартов и проведена экспертиза семи проектов СТ РК (рисунок 9.3).

Развитие и становление nanoиндустрии в Российской Федерации определяется следующими стратегическими документами:

— Концепцией развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года (одобрена Правительством РФ 18 ноября 2004 г. № МФ-П7—6194);

— Федеральной целевой программой «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007—2012 годы» (постановление Правительства РФ № 613 от 17 октября 2006 г.). Реализация стратегической цели этой Программы включает два этапа: первый этап — 2008—2011 гг., второй этап — 2012—2015 гг.;

— президентской инициативой «Стратегия развития nanoиндустрии» (№ Пр–688 от 24 апреля 2007 г.);

— федеральной целевой программой «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008—2010 годы» (постановление Правительства РФ № 498 от 2 августа 2007 г.). Динамика распределения средств по направлениям программы показана на рисунке 9.4;

— Программой развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года (одобрена Правительством РФ 4 мая 2008 г. ВЗ-П7-2702);

— Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (Утв. распоряжением Правительства РФ № 1662-р от 17 ноября 2008 г.).

Особенностью российского подхода к поддержке нанотехнологий можно назвать реализацию с помощью созданной в 2007 г. государственной специализированной российской корпорации нанотехнологий (ГК «Роснанотех»). В ее функции входит организационная и финансовая поддержка инновационной деятельности в сфере нанотехнологий (рисунок 9.5).

В 2008 г. в ГК «Роснанотех» были приняты решения о финансировании семиинвестиционных проектов на общую сумму 10,3 млрд руб. (средства корпорации — 5,5 млрд руб.).

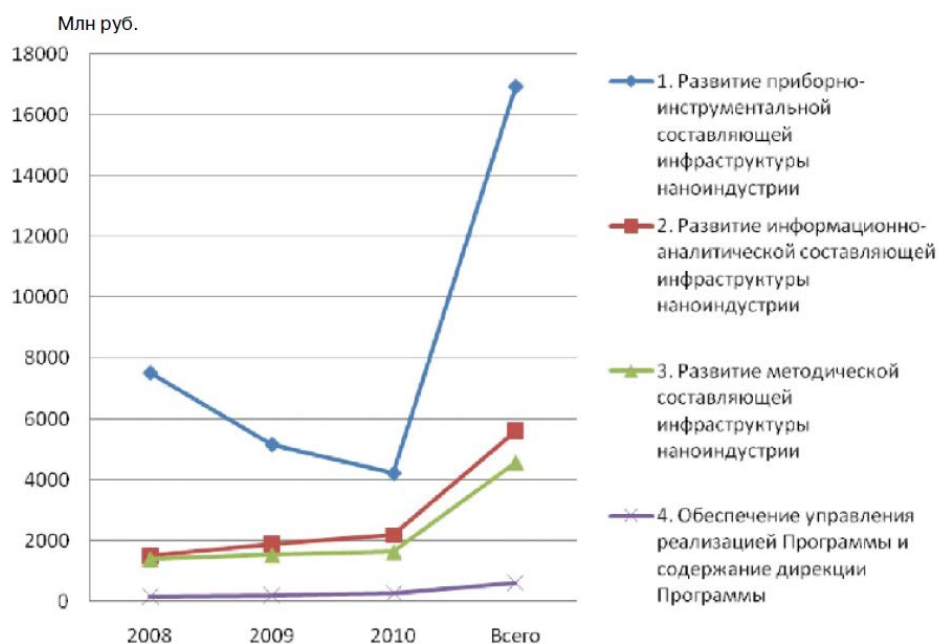


Рисунок 9.4 - Динамика распределения средств по направлениям программы развития наноиндустрии в РФ

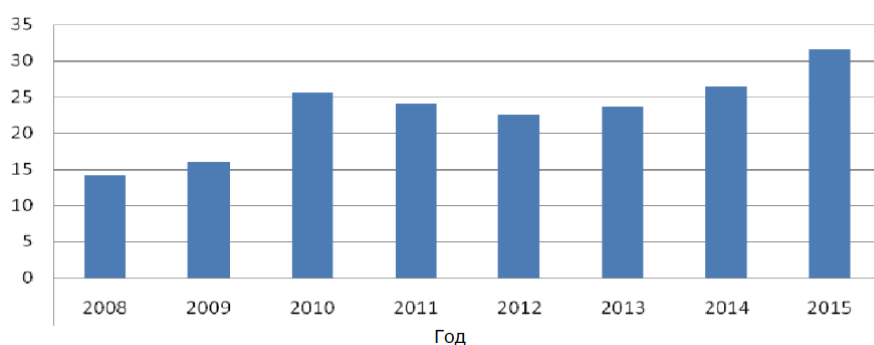


Рисунок 9.5 - Динамика объемов инвестиций ГК «Роснано» в 2008—2015 гг., млрд руб.

9.3 Роль нанотехнологий и новых материалов в различных сферах жизнедеятельности общества

Нанотехнологии активно внедряются в оборонную сферу. Основные направления в военно-промышленном комплексе, где активно используются нанотехнологии — это

- создание новых мощных миниатюрных взрывных устройств;
- разрушение макроустройств с наноуровня;
- разведка;
- изменение болевого порога с использованием нейротехнологий;
- разработка биологического оружия с наноустройствами генетического наведения;
- создание снаряжения для солдат с повышенной степенью защиты;
- разработка защитных систем от поражающего действия химического и биологического оружия;
- создание устойчиво работающих устройств в системах управления военной техникой;
- разработка композиционных покрытий для военной техники.

Социально значимым направлением использования и развития нанотехнологий является медицина. Наномедицина развивается по направлениям:

- лабораторная диагностика с использованием микрочипов (исследование генома и маркерных белков), создание систем направленной доставки лекарств в организме;
- разработка ДНК-чипов (создание индивидуальных лекарств);

— создание искусственных органов, функциональных полимеров (аналогов природных тканей);

— конструирование нанороботов для микрохирургии (биомеханизмов, осуществляющих изменения и требуемые медицинские действия, направленные на распознавание и уничтожение раковых клеток), что особенно перспективно при удалении злокачественных новообразований с труднодоступной локализацией.

Чрезвычайно важной сферой использования нанотехнологий является энергетика. Можно выделить семь основных направлений, согласно которым нанотехнологии коренным образом изменяют облик современной цивилизации, это

— создание наноструктурных материалов для аккумуляции водорода и природных газов;

— разработка устройств нового поколения для аккумуляции энергии;

— создание принципиально новых устройств очистки и разделения химических веществ;

— создание тонкопленочных защитных покрытий для энергосистем;

— увеличение КПД двигателей и энергетических установок;

— создание точных и компактных датчиков регистрации утечек из технологического оборудования;

— применение наноструктурных материалов в новых высокоэффективных устройствах преобразования энергии; создание искусственных систем фотосинтеза.

Важнейшей социально значимой областью использования наноматериалов является разработка коммуникационных технологий. В данной сфере нанотехнологии используются для:

— создания нанокomпьютеров;

— разработки информационных сетевых устройств (оптическая связь — фотоника и новые типы волноводов, радиосвязь — электронные устройства со сверхширокой запрещенной зоной);

— создания и совершенствования устройств для хранения информации (квантовая память, одноэлектронные запоминающие устройства, магнитные среды для сверхплотной записи, наносчитывающие головки, запись информации с использованием излучения ближнего поля, прецизионные приводы-позиционеры);

— создания автоматизированных систем контроля за обработкой поверхностей наноразмерного уровня;

— конструирования нейроэлектрических интерфейсов (создание нанороботов, которые позволят координировать компьютеры с нервной системой и обеспечить высокий уровень социализации людей с ограниченными возможностями);

— создания искусственного интеллекта и разработки роботов нового поколения.

В условиях глобального экологического кризиса важнейшей социально-значимой сферой использования нанотехнологических разработок является экология. Нанотехнологии могут использоваться для контроля за состоянием окружающей среды. Ключевыми направлениями развития нанотехнологии в создании новых «безотходных» производств являются: а) отказ от производств с большим объемом отходов, и их замена на экологически безопасные «зеленые» технологии; б) создание производственных процессов, позволяющих выпускать облегченные и миниатюрные изделия, что приведет к снижению расхода материалов и энергии; в) исследование и регулирование природных явлений и процессов загрязнения окружающей среды с помощью нанодатчиков и нанороботов.

Особенно сильное влияние нанотехнологии уже оказывают на сферу потребления современного человека. В данной социально значимой области при внедрении нанотехнологий прежде всего изменится товарный спектр. Уже сейчас потребитель сталкивается с нанотехнологиями при приобретении продуктов питания, бытовой электроники, текстильной продукции, косметики, автозапчастей, строительных материалов, препаратов бытовой химии, спортивных товаров и предметов для активного отдыха.

Важнейший эффект, ожидаемый от внедрения нанотехнологий в машиностроении, должен реализоваться в увеличении ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий, широком использовании нанотехнологических разработок в модернизации высокоточных и прецизионных станков. В двигателестроении и автомобильной промышленности за счет применения наноматериалов можно значительного (до 1,5–4 раз) увеличить ресурс работы автотранспорта, а также более чем в три раза снизить эксплуатационные затраты (в том числе, расход топлива). Использование нанотехнологий в автомобилестроении — путь к снижению шума и вредных выбросов в окружающую среду, что позволит успешнее конкурировать отечественным производителям как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Внедрение нанотехнологий в информатике реализуется в многократном повышении производительности систем передачи, обработки и хранения информации, а также приведет к созданию новых систем высокопроизводительных устройств с приближением возможностей вычислительных систем к возможностям мозга человека.

В энергетике, прежде всего атомной, в настоящее время наноматериалы используются для создания топливных и конструкционных элементов, которые необходимы для повышения эффективности работающего оборудования. Без применения наноматериалов невозможно представить развитие альтернативной энергетики, в частности водородной. Для развития и реализации проектов водородной энергетики необходима адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур. Чрезвычайно перспективным направлением является разработка электродов с развитой поверхностью для водородной энергетики на основе трековых мембран.

Необходимо отметить, что несмотря на перечисленные многочисленные области применения наноматериалов потребное их количество на рынке относительно небольшое. В этой связи их производство оказывается невыгодным и, несмотря на высказанные оптимистические прогнозы, не выходит за рамки опытно-промышленных установок. Таким образом, формируется некоторый замкнутый круг «спрос – производство».

Внедрение нанотехнологий в область здравоохранения приведет к значительному повышению уровня помощи и росту качества жизни населения. Наноматериалы и нанотехнологии используются при создании новых лекарств и разработке эффективных способов доставки лекарственных средств к очагу заболевания. Нанотехнологии показали свою эффективность в восстановительной хирургии, имплантологии, коррекционной и пластической хирургии. Широкая перспектива использования наноматериалов и нанотехнологий открывается и в области медицинской техники. Уже сейчас наноматериалы активно применяются для разработки средств диагностики, проведения нетравматических операций, создания искусственных органов.

Охрана окружающей среды — одна из отраслей человеческой деятельности, где эффективно используются наноматериалы и нанотехнологии. Перспективными направлениями для внедрения нанотехнологических разработок являются создание фильтров нового поколения и мембран на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха, опреснения морской воды. Использование различных сенсоров для экспрессного определения химического и биологического загрязнения позволит эффективно контролировать качество окружающей среды и повысить безопасность работающих в потенциально опасных областях производства. Производство новых экологически чистых материалов, биосовместимых и биodeградируемых полимеров, создание новых методов утилизации и переработки отходов — перспективные направления для внедрения разработок в области нанотехнологий.

Развитие нанотехнологий ведет к возникновению новых реалий жизни. Наноиндустрия создает новые материалы с совершенно необычными свойствами и, таким образом, создает и новые экологические риски. Пристальное внимание привлекает проблема влияния наноматериалов на окружающую среду. Остро стоит вопрос экспериментальной

оценки токсичности и опасности наноматериалов для живых объектов и экосистем. Среди новых материалов на гигиеническую и экологическую безопасность активно исследуются углеродные наноматериалы, так как хорошо известна их способность преодолевать биологические барьеры и установлена их высокая и разнообразная биологическая активность. Было проведено исследование влияния фуллеренов на различные виды почв и жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Показано, что почвенная микрофлора не чувствительна к присутствию фуллеренов, однако возможность их накопления в биомассе может создать риски для отдельных звеньев пищевой цепи.

В настоящее время в различных областях промышленности активно используются наноструктурированные оксиды металлов, например диоксид титана. Диоксид титана является одним из важнейших неорганических материалов, уникальные свойства которого позволяют определять технический прогресс во многих секторах мировой экономики. По разным данным, производство нанопорошков диоксида титана в мире оценивается в объеме от 5 тыс. т до 100 тыс. т в год. В последнем обзоре «Мировой рынок нанопорошков диоксида титана» (The World Market for Nanoparticle Titanium Dioxide, TiO₂) сообщается, что в 2010 г. в мире было произведено 50,4 тыс. т нанодисперсного диоксида титана, в том числе 5 тыс. т нанопорошка диоксида титана в Германии.

Высокие темпы поступления различных типов наночастиц в окружающую среду в объемах, близких к промышленным, могут в ближайшее время существенно изменить климат Земли. Наночастицы, отражая солнечные лучи, могут вызвать очередной ледниковый период. Кроме того, распространение наночастиц в воздухе может привести к обострению таких заболеваний, как астма, эмфизема и другие легочные заболевания. При попытке обобщить основные опасности, связанные с развитием нанотехнологий, следует обратить внимание на следующие области риска активного внедрения нанотехнологий и наноматериалов:

1. В последнее десятилетие нанотехнологии активно внедряются в производство товаров бытового назначения повседневного спроса, таких как посуда с антипригарным покрытием, упаковочный материал и т.п.

2. В настоящее время нет методик и аналитической базы для полноценного контроля за безопасностью изделий, производимых с использованием нанотехнологий.

Таким образом, система безопасности и стандартизации применения нанотехнологий находится только в стадии становления. Сегодня в сфере внедрения нанотехнологий в повседневную жизнь безопасность не является приоритетом, и внедрение наноматериалов во все сферы жизни человека будет расширяться, если не будет доказано, что они представляют опасность для здоровья человека, так как жесткий запрет на внедрение нанотехнологических разработок может погубить новую перспективную отрасль. Однако ускоренное внедрение нанотехнологий в производство товаров повседневного спроса при неудовлетворительных темпах развития контроля может привести к повышенному риску для конечных потребителей продукции наноиндустрии. Понимая, что наноиндустрия как высокотехнологичная отрасль народного хозяйства является одной из важнейших точек роста экономики, государством поставлены задачи «быстро продвинуться в решении задач выведения на рынок безопасной и качественной продукции наноиндустрии и минимизировать риски, связанные с возможным влиянием наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду». Однако в реальности складывается общее представление, что при развитии наноиндустрии безопасность не является безусловным приоритетом. Иными словами, применение наноматериалов не будет запрещаться, пока не будет доказано, что они представляют опасность для здоровья человека.

Ускоренное внедрение нанотехнологий в производство товаров повседневного спроса при неудовлетворительных темпах развития контроля может привести к повышенному риску для конечных потребителей продукции наноиндустрии. В этом случае потребителям необходимо дать возможность самим решать, готовы ли они идти на риск, и в связи с этим было бы целесообразно обязательное введение соответствующей маркировки

«Произведено с применением нанотехнологий». Однако разработка систем контроля безопасности в сфере нанотехнологий не должна ограничиваться пищевой отраслью. Ускоренными темпами вопрос безопасности при внедрении наноматериалов должен разрабатываться в сфере фармакологии, косметологии, хирургии, имплантологии и других отраслях деятельности, непосредственно влияющих на качество жизни современного человека.