УДК 001.892:620.3(574) *МРНТИ 12.91*

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КАЗАХСТАНЕ

Ю. Г. Кульевская, к.х.н.

Национальный центр научно-технической информации

Нанотехнология саласындагы зерттеулердщ кейб1р дамь^ан мемлекеттер мен ТМД елдершдеп жагдайы карастырылган. Казахстан Республикасында коргалган диссертациялардыц, ГЗТКЖ жайлы есептердщ ^орларын жэне сондай-а^, казакстандык галымдар жарияланымдарын талдау непзшде республикадагы зерттеулерд^н непзп багыттары аны^талган.
Туйшд'| сездер: нанотехнологиялар, диссертациялар, ГЗТКЖ жайлы есептер, казакстандык галымдардьщ жарияланымдары.

The condition of investigations in the field of nanotechnologies in some developed states and CIS countries is considered. The main trends of investigation in the republic are revealed on basis of analysis of dissertations stock defended in the Republic of Kazakhstan, reports on R&O as well as publications of Kazakhstan! scientists.
Key words: nanotechnologies, dissertations, reports on R&D, publications of Kazakhstani scientists.

В XXI в. наряду с компьютерно-информационными технологиями и биотехнологиями фундаментом научно-технических преобразований, революцией, сравнимой и даже превосходящей по своим масштабам преобразования в технике и обществе, станут нанотехнологии.

Нанотехнологии предусматривают создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, т. е. ее упорядоченными фрагментами размером 1-100 нм (1 нм - одна миллиардная доля метра) [1].

Область нанотехнологии связана с объектами, которые обладают абсолютно новыми и существенно улучшенными свойствами вследствие особенностей процессов переноса и распределения зарядов, энергии, массы и информации при наноструктурировании. Это технологии работы с веществом на уровне отдельных атомов. Переход от манипуляции с веществом к манипуляции с от-

дельными атомами - это качественный скачок, обеспечивающий появление ранее неизвестных функциональных возможностей материальных систем, а также возможность создавать любые объекты [2].

Технологии от метровой до микрометровой можно считать классическими. Однако классические законы перестают работать при размерах объектов менее 0,5 мкм. Здесь начинается территория, подвластная квантовым законам. Когда размеры микронных изделий будут уменьшены ещё в 1000 раз, мы перейдём от сплошных веществ к атомно-молекулярным структурам квантовой нанотехнологии. Это означает, что уже сейчас человечество вступает в производственную область, где исчезает грань между живой и неживой природой [3].

Область нанотехнологий очень обширна и касается многих дисциплин, обусловливающих широкий спектр потенциальных направлений исследований. На сегодняшний день нанотехнологии развиваются в трех основных направлениях:

- изготовление электронных схем, элементы которых состоят из нескольких атомов;
- создание наномашин, т. е. механизмов и роботов размером с молекулу;
- сборка всевозможных объектов из молекул и атомов [4].

Акт об исследованиях и развитии нанотехнологий в XXI в., подписанный президентом Бушем в 2003 г,, предполагает свыше тысячи направлений исследований в наноэлектронике, нанобиотехнологии, молекулярной электронике, наноэлектромеханике, наноэнергетике, оптоэлектронике, создании новых поколений функциональных и конструкционных наноматериалов, наноматериалов для медицины, машиностроения и робототехники, компьютерных технологий, экологии, аэронавтике, системах безопасности и борьбе с терроризмом [5].

Всего за несколько последних лет разработаны сотни наноструктурированных продуктов конструкционного и функционального назначения и реализованы десятки способов их получения и серийного производства.

Современные приложения нанотехнологий включают [6]:

• создание высокопрочных нанокристаллических и аморфных материалов, негорючих нанокомпозитов на полимерной основе;

• элементы наноэлектроники и нанофотоники, полупроводниковые транзисторы и лазеры, фотодетекторы, солнечные элементы, сенсоры и др., тонкопленочные и гетероструктурные компоненты микроэлектроники и оптотроники следующего поколения, магнитомягкие и магнитотвердые материалы;

• устройства сверхплотной записи информации; телекоммуникационные, информационные и вычислительные технологии, суперкомпьютеры; плоские экраны, видеопроекторы и мониторы компьютеров;

• молекулярные электронные устройства, в том числе переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне;

• устройства микро- и наномеханики, молекулярные моторы и наномоторы, нанороботы, интегрированные микроэлектромеханические устройства;

• нанохимию и катализ, в том числе управление горением, нанесение покрытий, электрохимию, нанопористые материалы для химической и нефтехимической промышленности (катализаторы, адсорбенты, молекулярные фильтры и сепараторы);

• авиационные, космические и оборонные приложения;

• топливные элементы, электрические аккумуляторы и другие преобразователи энергии, устройства для хранения энергии;

• фармацевтику, целевую доставку лекарств и протеинов, биополимеры и заживление биологических тканей, клиническую и медицинскую диагностику, создание искусственных мускулов, костей, имплантацию живых органов; регистрацию и идентификацию канцерогенных тканей, патогенов, биосовместимые ткани для трансплантации, лекарственные препараты;

• биомеханику, геномику, биоинформатику, биоинструментарий и многие другие.

На сегодняшний день государственные программы развития нанотехнологий реализуют более 50 государств. Глобальные инвестиции в НИОКР в сфере нанотехнологий, по отчетам государственных организаций, за 1997-2002 гг. возросли приблизительно в 5 раз. Объем финансирования работ в области нанотехнологий в мире в 2004 г. составлял 8,6 млрд дол. США (в 2003 г. - 7,5 млрд дол. США).

Рынок «нано» уже составляет, по разным оценкам, 100-150 млрд дол., причем значительная часть относится к электронике. Ожидается, что к 2010 г. мировой рынок наноматериалов и нанотехнологий превысит 1 трлн дол. США.

Число зарегистрированных патентов в области нанотехнологий с 1976 г. по 2004 г. составило 88 546, из них 64 % принадлежат США. По количеству патентов после США и Японии третье место в мире занимает Китай [7].

Гонка уже началась, в США национальная нанотехнологическая инициатива была запущена в 2001 г., в этом же году в Японии в гос-

бюджете нанотехнология определена как один из приоритетов, но пока отрыв лидеров невелик. Сейчас за Японией устремились Южная Корея, Сингапур, Тайвань, Индия и особенно активно Китай. В Азии обозначился сдвиг от фундаментальных исследований нанотехнологий к прикладным.

Страны ЕС пошли по пути развития научно-технологического потенциала в области нанотехнологии посредством интеграции усилий всех стран-участников ЕС и привлечения третьих стран, особенно России. В 2000 г. ведущими европейскими странами в области нанотехнологических исследований стали Германия (63 млн евро), Соединенное королевство (39 млн евро), Франция (19 млн евро), Нидерланды (6,9 млн евро), Италия (6,3 млн евро), Швеция (5,8 млн евро). В Финляндии 70,3 % средств на исследования принадлежат частному сектору, в Швеции - 67,8 %, в Германии - 66,6 %, в Бельгии - 66,2 %.

Из числа технологически продвинутых стран **Россия** - единственная страна, которая до настоящего времени не имела программы развития нанотехнологий федерального масштаба, хотя перечень критических технологий (утвержден президентом России 30 марта 2002 г.) предусматривает использование наноразмерных объектов и процессов в некоторых критических технологиях. В 2007 г. была принята федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 гг.», которая включает в качестве одного из пяти приоритетов нанотехнологию. Бюджет программы составляет 195 млрд руб. На ее реализацию государство выделяет из бюджета 130 млрд. руб. (около 5 млрд дол.) на 5 лет с 2007 г. [8]. В 2008 г. принята специализированная федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации» на 2008-2010 гг., на реализацию которой будет выделено 27 733 млн руб., в том числе из федерального бюджета-24 944,6 млн руб., из внебюджетных источников - 2 788,4 млн руб. В Программе отмечается, что критически низкий уровень развития инфраструктуры наноиндустрии, практическое отсутствие научного и специального оборудования, приборов и устройств, отвечающих современным мировым требованиям не позволяют Российской Федерации стать достойным конкурентом на формирующемся мировом рынке наноиндустрии. В то же время ожидается, что к 2015 г. объем продажи российской продукции наноиндустрии составит 250-300 млрд руб., объем платежей от экспорта продукции наноиндустрии - 70-75 млрд руб.

В Беларуси с начала нового века активно ведутся работы в области нанотехнологий в рамках отраслевых научно-технических программ, программ фундаментальных исследований НАН Беларуси и грантов БРФФИ.

С 2006 г. начала выполняться Комплексная программа прикладных научных исследований «Наноматериалы и нанотехнологии», которая должна существенно продвинуть вперед исследования по нанотехнологиям к проведению НИОКР и созданию оборудования для нанотехнологий.

Украина пока не имеет собственной нанотехнологической программы, т. е. налицо стратегическое отставание от технологически развитых стран. Сегодня в украинской промышленности в новые разработки включаются устаревшие технологии, а это закладывает мину замедленного действия под экономику страны. И последствия такого отставания проявятся через 10-15 лет [9].

В Казахстане имеется определенный задел в научно-исследовательских работах в области нанотехнологий. Многие направления химии и биотехнологии давно работают на молекулярном уровне, т. е. по сути имеют дело с наноуровнем. С 2003 г. исследования наноструктур по отдельным направлениям стали проводиться по программам фундаментальных исследований Министерства образования и науки Республики Казахстан. С 2006 г. прикладные исследования по наноматериалам и нанотехнологиям финансируются Министерством индустрии и торговли в рамках программы «Разработка перспективных новых материалов различного назначения на 2006-2008 гг.».

С 2007 г. исследования и разработки в области нанотехнологий выполняются в рамках специализированной программы «Развитие нанонауки и нанотехнологий в Республике Казахстан» на 2007-2009 гг., разработанной Министерством образования и науки Республики Казахстан и утвержденной приказом председателя Комитета науки от 7 мая 2007 г. № 14.

Фронт исследований нанотехнологий и проблем нанонауки в рамках программы широк и охватывает 85 проектов, в реализации которых участвуют 29 организаций. Головной организацией является АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащении».

На выполнение заданий программы выделено 734,94 млн тенге в 2007-2009 гг., в том числе 230,84 млн тенге в 2007 г. Следует заметить, что уровень финансирования исследований по нанотехнологиям в Казахстане весьма невысок, даже по сравнению с Россией (134 млрд руб., или 5 млрд дол. на 2007-2012 гг.), не говоря уже о

бюджете развитых стран Запада и Юго-Восточной Азии и о почти равноценной поддержке их частным бизнесом.

В соответствии с программой бывшие академические, вузовские и отраслевые лаборатории в определенной степени переориентированы на исследования в области нанотехнологий и наноматериалов.

Программа включает 5 блоков (подпрограмм):

1. Разработка и исследование нанотехнологий в горно-металлургическом комплексе.

2. Разработка наноматериалов и нанотехнологий для энергетических систем нового поколения.

3. Использование нанотехнологий для получения бионаноматериалов и регуляции процессов в биологических системах.

4. Создание квантово-размерных структур для микроэлектроники и информационных технологий.

5. Разработка и использование наноматериалов и нанотехнологий в нефтегазовой и химических отраслях Казахстана.

Таким образом, нанотехнологические исследования осуществляются в привязке к приоритетам научно-технологического развития страны.

С целью выявления и анализа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных казахстанскими учеными в области нанотехнологий, и полученных результатов в НЦНТИ был проведен анализ фондов отчетов о НИОКР, формируемых НЦНТИ (КазгосИНТИ) с 1994 г., и защищенных в республике докторских и кандидатских диссертаций (с 1992 г.) на основе их госрегистрации. Фонд отчетов о НИОКР насчитывал на01.09.2007 г. 12686 док., фонд диссертаций - 14828 работ.

Поиск отчетов о НИОКР и диссертаций по нанотехнологиям проводился в базах данных: INK (Информационные карты отчетов о НИОКР) и UKDN (Учетные карты диссертаций) в автоматизированном режиме по ключевому слово «нано» в документальных массивах за 1992-2007 гг. Сразу следует заметить, что указанный подход не обеспечивает 100 %-ную полноту охвата всех исследований, проводимых, и особенно ранее проводившихся в рассматриваемой области, когда терминологическая приставка «нано» не использовалась для обозначения исследований объектов субмикронных размеров. В отчетах о ранее выполненных исследованиях нанотехнологии не отмечались.

Как показал анализ, по данным госрегистрации и с учетом вышесказанного, в Казахстане исследования в области нанотехноло-

гий были начаты в 1999-2001 гг. В 2001 г. в КазгосИНТИ зарегистрированы первые 2 отчета о НИОКР в области «нано», выполненные НИИ экспериментальной и теоретической физики по результатам изучения нанокристаллических пленок и Институтом фитохимии о разработке препарата наноарглабина. В целом в ходе анализа фондов были выявлены 70 отчетов о НИОКР по нанотехнологическим направлениям и 10 диссертаций (8 кандидатских и 2 докторских), выполненных с 2001 по 2007 г.

В исследованиях участвовали 17 НИИ и вузов республики. Наибольшее число работ выполнены в: НИИ экспериментальной и теоретической физики при КазНУ им. аль-Фараби (18 НИОКР), Физико-техническом институте (10 НИОКР), Институте проблем горения (8 НИОКР), Институте органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского (8 НИОКР), Национальном центре по комплексной переработке минерального сырья (НЦ КПМС - 5 НИОКР), Южно-Казахстанском университете им. М. Ауэзова (4 НИОКР), Институте химических наук им. А. Бектурова (3 НИОКР). Исследования в области нанотехнологий проводит Евразийский национальный университет им. Л. Гумилева (3 НИОКР), Карагандинский филиал НИИ специального материаловедения (3 НИОКР), Институт фитохимии (3 НИОКР). Разрабатываются нанотехнологии в Казахском Национальном техническом университете им. К. Сатпаева (КазНТУ), Карагандинском металлургическом институте, Карагандинском индустриальном институте, Восточно-Казахстанском государственном университете.

Из 70 отчетов о НИОКР и 10 диссертаций 66 работ (в том числе 8 диссертаций) относятся к области физики и химии, химической технологии. Минимально количество исследований (по 1 НИОКР) по таким приоритетным и перспективным для развития нанотехнологий отраслям, как биология, энергетика, электроника и радиотехника: в указанных областях в Казахстане вообще проводится минимальное количество исследований (особенно по радиоэлектронике), как показывают данные госрегистрации НИОКР. По 2 отчета представлено в области металлургии и машиностроения.

Распределение отчетов и диссертаций по основным тематическим направлениям нанотехнологических исследований выглядит следующим образом: материалы - 20 отчетов и 4 диссертации, кремнийсодержащие материалы - соответственно 10 и 1, закономерности и механизмы формирования наноструктур и их свойства - 25 и 1, катализаторы - 13 и 1, лекарственные препараты **- 4 и** 1, транспорт лекарственных средств - 1 и 3, покрытия - 3 отчета, сорбенты и сенсоры - по 1 отчету о НИОКР.

Анализ данных показывает, что основное внимание казахстанских ученых направлено на получение наноструктурированных материалов, в первую очередь на основе кремния. Как положительный факт следует отметить значительное количество работ по изучению фундаментальных основ процессов и механизмов формирования наноструктур, влияния размерных и структурных факторов на свойства наноструктурированных систем, теоретическому осмыслению наблюдаемых явлений и свойств.

Важнейшей компонентой нанотехнологий является химический синтез нанопродуктов. Это обусловило большой интерес и значительное количество работ казахстанских ученых-катапитиков по созданию катализаторов, содержащих наноструктуры, и изучению их характеристик. Разрабатываются также методы, в основном электрохимические, получения наноструктурированных композиционных покрытий.

В настоящее время в мировой практике значительную часть нанотехнологических исследований составляют биомедицинские приложения. В Казахстане спектр направлений исследований в этой области относительно узок и работы пока немногочисленны, хотя проводиться они начали ранее, чем по другим направлениям. Продуктивно (3 диссертации) работают казахстанские специалисты по созданию средств доставки лекарственных препаратов к больному органу.

При анализе проводимых казахстанскими учеными исследований в нанообласти обращают на себя внимание некоторые работы, в которых если и получены или обнаружены наноструктуры, то влияние их присутствия подавляется макроскопическими закономерностями и их наличие не связывается со свойствами полученных и изучаемых объектов. Не обозначена цель получения наноструктурированных объектов (их получение скорее становится самоцелью) и возможности их использования. Такие работы проводятся в традиционных направлениях на традиционном недостаточно прецизионном оборудовании в условиях обычной лаборатории и не обеспечивают принципиально новых результатов, получения наноэффектов. Между тем нанотехнологические исследования и производство требуют специально приспособленных помещений, обеспеченных воздухом особой очистки, прецизионного оборудования и прочих средств поддержания условий для нанотехнологического производства и аналитических исследований.

В настоящее время термины «нанотехнология» и «наноматериалы» стали настолько модными, конъюнктурными и экономически

привлекательными, что многие традиционные исследования и разработки атомно-молекулярного уровня искусственно приобрели имидж «нано» .

Однако большинство НИОКР являются целенаправленными, многие содержат рекомендации по возможному использованию полученных результатов. В небольшом числе работ проводится достаточно глубокий анализ наблюдаемых свойств в сопоставлении со структурными характеристиками, предлагаются модели роста наноструктурированных образцов.

Рассмотрим более детально некоторые работы по вышеуказанным направлениям.

Среди наноструктурированных материалов, над созданием которых работают казахстанские ученые, можно выделить кремний и углерод. Материалы на основе кремния, ориентированные на использование в основном в энергетике, разрабатывает преимущественно НИИ экспериментальной и теоретической физики при КазНУ им. аль-Фараби, углеродсодержащими материалами занимается в большей степени по сравнению с другими НИИ и вузами Институт проблем горения при КазНУ (7 отчетов о НИОКР из 18 и 2 диссертации). Синтезируются продукты многофункционального назначения.

Разработаны технологические рекомендации по получению углеродных нанотрубок и фуллеренов [10], получению наноуглеродных композитов Разработан метод получения наноструктурированного углерода для химических источников тока.

Казахстанские ученые работают также над получением алмазных кластеров и наноматериалов [11], плазмохимических порошков для получения пористой керамики на основе диоксида циркония [12], углеродных нановолокон, нанотруб путем каталитического пиролиза метана [13], биосовместимого титана с нанокристаллической структурой.

Наноструктурные каталитические композиты разрабатываются в основном в Институте органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, а также в Институте проблем горения при КазНУ им. аль-Фараби.

Разработаны наноструктурные сорбенты в НЦ КПМС РК (для извлечения хрома и мышьяка из сточных вод, тиосульфатных и тиокарбамидных комплексов золота и серебра из технологических растворов). В Институте проблем горения при КазНУ создан и опробован экспериментальный образец сорбента, полученного путем карбонизации растительной клетчатки, синтеза углерода из углеводородов.

Синтез и изучение нанокристаллических материалов для создания селективных сенсоров токсичных газов и взрывчатых веществ - одно из направлений исследований в Физико-техническом институте. На создание биосенсорных устройств нового поколения направлены исследования и разработки, проводимые в Институте химических наук им. А. Б. Бектурова.

Разработка физико-технологических основ создания и формирования композиционных электролитических покрытий на основе хрома в ультразвуковом поле проводится в Институте металлургии и обогащения.

Синтезом наноструктурированных углеродных материалов медико-биологического назначения занимаются в Институте проблем горения при КазНУ. Опробованы экспериментальные образцы сорбентов для выделения стимуляторов роста и гемосорбции. Казахском медицинском институте в опытах in vivo определена перспективность применения полимерных наночастиц в качестве средств доставки антрациклиновых антибиотиков на моделях опухолей.

По направлению «Условия и механизмы формирования наноструктур, влияние внешних факторов на их свойства» большая часть исследований выполнена в Институте экспериментальной и теоретической физики (зарегистрированы 8 отчетов о НИОКР). Проводятся как экспериментальные, так и работы теоретического плана, компьютерное моделирование наноструктур. Значительная часть исследований посвящена изучению радиационного воздействия на образование и эволюцию наноструктур.

В Карагандинском государственном индустриальном университете проводятся разработка и развитие теоретических основ получения наноструктурных материалов энергосберегающими технологиями обработки давлением [14].

В Евразийском национальном университете им. Л. Н. Гумилёва осуществлено компьютерное моделирование физических свойств нанокластеров из диоксида кремния и различных металлов. Исследовано влияние примесных атомов на физические свойства нанокластеров .

Исследования, проводимые в Физико-техническом институте при КазНУ им. аль-Фараби, направлены на изучение механизмов образования наноструктур, влияния структурных факторов синтезируемых материалов на их свойства с целью создания материалов, приборов и устройств различного функционального назначения.

Перспективы развития нанотехнологий в Казахстане связаны не только с развивающейся нанонаукой в рассмотренных направле-

ниях, но и возможными и необходимыми организацией и развитием производства нанопродуктов, при этом Казахстану нужно найти свою нишу в мировом нанопроизводстве.

Мировая наноиндустрия развивается огромными темпами. Уже в 2002 г. число только венчурных компаний, занимавшихся производством нанопродуктов, достигло в мире 320. Причем среди них на производстве нанопорошков специализировалось 160 компаний, нанотрубок - 55, нанопористых материалов - 22, фуллеренов - 21, квантовых точек - 16, нановолокон - 9, нанокапсул - 8, нанопроволок - 6 и дендримеров - 5 компаний. Одним из направлений развития производства является модифицирование крупнотоннажных материалов наноструктурами.

В Казахстане имеется возможность развития нового направления в хлопковом производстве - выпуска изделий из нанотехнологических тканей на мировой рынок, отличающихся новыми функциональными качествами (несминаемость, стойкость к воздействию воды, а также использования нанотехнологий в области сельского хозяйства и пищевой промышленности) [15].

Несколько проектов инновационных производств в Казахстане, готовых к реализации, включают в себя нанотехнологические элементы. Это производство кремния через стадию получения и очистки силанов; производство катализаторов с металлосодержащими наноразмерными частицами активной фазы; производство газовых сенсоров с нанопористым чувствительным слоем. Эти разработки защищены патентами и обладают высоким экспортным потенциалом [16].

Из действующих в республике производств следует отметить производство инновационных наноструктурированных строительных материалов с применением передовой нанотехнологии сверхизмельчения. Продукцией на основе метода являются микро- и наноструктурные, наноразмерные, активированные или синтезированные пасты и суспензии, порошки.

В результате выполнения программы «Развитие нанонауки и нанотехнолоий в Республике Казахстан на 2007-2009 гг.» будут разработаны технологии и подготовлена техническая документация на организацию новых производств. Так, например, КазНТУ им. К. Сатпаева в ожидаемых результатах заявлена разработка нанотехнологий, изготовлбниие образцов и подготовка технической документации для организации производства в Казахстане литых изделий технического и бытового назначения с наноструктурными покрытиями; будут разработаны регламенты на опытно-промышлен-

ное производство извлечения арсенита и арсената кальция из техногенных отходов свинцового производства (Южно-Казахстанский ГУ им. М. Ауэзова); будет создан производственный участок электронно-лучевой наплавки композиционных нанопорошковых материалов на детали горно-металлургического производства (Карагандинский ГУ им. Е. А. Букетова); подготовлено ТЭО на создание промышленного производства наноструктурированных кремнеуглеродных материалов (НЦ КПМС). Будут созданы технологические регламенты и проведены опытно-промышенные испытания дисперсно-армированного пенобетона, некоторых наностуктурированных катализаторов и сорбентов (Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского).

Однако, несмотря на наличие программы и уже полученные результаты по отдельным направлениям исследований как фундаментального, теоретического, так и прикладного характера, Казахстан находится на начальном этапе развития нанотехнологий, и пока не вполне представимы будущее нанотехнологий и наноиндустрии в Казахстане, стратегия их развития.

Анализ мирового опыта формирования и реализации национальных и региональных программ по новым научно-техническим направлениям свидетельствует о необходимости в ближайшем будущем решения некоторых ключевых проблем в области разработки наноматериалов и нанотехнологий, с которыми столкнулись страны, ранее Казахстана избравшие это новое научно-технологическое направление:

1. Отбор приоритетных направлений нанотехнологических разработок с учетом перспектив их дальнейшей коммерциализации. Из множества направлений следует выбрать и сделать на них ставку, учитывая при этом, что ошибка в выборе может привести к огромным потерям. Поскольку по своим масштабам переход к нанотехнологиям намного превосходит и атомный и космический проекты.

2. Формирование круга перспективных потребителей нанотехнологической продукции.

3. Широкомасштабное развитие фундаментальных исследований во всех областях науки и техники, связанных с развитием нанотехнологий.

4. Создание исследовательской инфраструктуры, включая:

- организацию центров коллективного пользования уникальным технологическим и диагностическим оборудованием, не ограничиваясь единственной Национальной нанотехнологической лабораторией;

- современное приборное оснащение научных и производственных организаций инструментами и приборами для проведения работ в области нанотехнологий;

- разработку специальной метрологии и государственных стандартов в области нанотехнологий;

5. Привлечение, подготовка и закрепление квалифицированных научных, инженерных и рабочих кадров для обновленного технологического комплекса. Необходимы специалисты, обладающие междисциплинарными знаниями и способные владеть современным синтетическим и диагностическим инструментарием. Для этого требуется создать целостную образовательную систему подготовки нового поколения исследователей, материаловедов и технологов.

Литература

1. *Пул Ч. Оуэне Ф.* Мир материалов и нанотехнологий. - М.: «Техносфера», 2005. - 336 с.

2. http://www.transhumanisnn-russia.ru/content/view/17/20/

3. http://markbook.chat.ru/kvant/projekt6.html

4. Что такое нанотехнологии http://chtotakoe.info/articles/nanotexnologii_444. html

5. *Третьяков Ю. Д.* Проблема развития нанотехнологий в России и за рубежом //http://nanometer/ru/2006/11/17/5819225/html/

6. *Пустовалов В. К.* Нанотехнологии: состояние, проблемы, перспективы // Новости науки и технологий. - 2006. - №.1 (4). - С. 186-192.

7. http://www.opec. ru/point_doc.asp?d_no=58661

8. Нанотехнологии в России // Российская газета 05.06.2007 г.

9. Развитие нанотехнологий в Украине,- http://www.nanonewsnet

10. Физико-химическое исследование композиций, синтезированных плазмохимическим способом: Отчет о НИР (промежут.) / Ин-т пробл. горения при КазНУ; Рук. В. Е. Мессерле. - № 0106РК00635; Инв. № 0207РК00304. - Алматы, 2007.

11. Получение алмазных кластеров и наноматериалов посредством ударных волн: Отчет о НИР (заключит.) / Юж.-Каз. гос. ун-т им. М. О. Ауэзова; Рук. И. И. Батькаев № 0106РК01390; Н**НВ**.N°. 0206РК01156. - Шымкент, 2006. - 108 с.

12. Керамические материалы с нанопоровой структурой на основе $Zr0_2$ Отчет о НИР (заключит.) / Евраз. нац. ун-т им. Л. Н. Гумилёва; Рук. К. С. Бактыбеков. - № 0106РК00602; Инв. №. 0207РК00086. - Астана, 2007.

13. Разработка технологии полунения углеродных нановолокон, нанотруб путем каталитического пиролиза метана: Отчет о НИР (заключит.) / Каз. нац. техн. ун-т им. К. И. Сатпаева; Рук. М. Б. Тлебаев. - № 0106РК01159; Инв. №. 0207РК00210. - Алматы, 2007.

14. Разработка и развитие теоретических основ получения наноструктурных материалов энергосберегающими технологиями обработки давлением: Отчет о НИР (промежут. / Караганд. гос. индустр. ун-т; Рук. А. Б. Найзабеков. - № 0106РК00911; Инв. № 0206РК00800. - Темиртау, 2006.

15. Нанотехнологии - основа инноваций XXI века // Наука и высшая школа Казахстана. - 2006. - № 7. - С. 4-5.

16. *Тодорова Н.* Нанотехнологии - прорыв в будущее // Казахстанская правда, 1 августа 2007 г.