

УДК 539.1

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ИЗМЕРЕНИИ

© 2007 Ф.В. Гречников, Т.Н. Соснина

Самарский государственный аэрокосмический университет

Анализируются проблемы, связанные с разработкой и внедрением нанотехники и нанотехнологий в отечественной и зарубежной науке - практике; рассматриваются технико-технологические, социально-экологические аспекты реализации этих уникальных проектов.

Последние два десятилетия внимание международного сообщества привлечено к феномену НАНО - ничтожно малой величине, сопоставимой с размерами атома, манипуляции с которой открывают принципиально новые возможности технико-технологического обеспечения производственных процессов и быта. С наноматериалами и с нанотехнологиями связываются также надежды на решение глобальных проблем.

Рассмотрим феномен НАНО в двух базовых измерениях: технико-технологическом (1) и социально-экологическом (2).

Технико-технологические параметры

До недавнего времени общество вполне удовлетворяли материалы, известные человеку уже 3-4 тысячи лет: черные и цветные металлы, стекло, древесина и др. Развитие промышленных технологий происходило за счет постоянного улучшения потребительско-стоимостных свойств этих продуктов природы. Так, черные и цветные металлы, продолжая оставаться основным конструкционным материалом, за последние полвека увеличили свои прочностные характеристики в 8-10 раз; приобрели большую пластичность (способность менять первоначальную форму без разрушения); устойчивость к воздействию агрессивных сред, резко повысилось содержание в них активных компонентов и т.д. Стекло обнаружило качества универсального растворителя химических элементов, получило полупроводниковые и фотопроводниковые

свойства, флуоресцентность, способность к селективному переносу ионов и т.д. Древесина стала основой получения многообразных продуктов: искусственных волокон, бумаги, целлулоида, киноплёнки и т.д.

Искусственно созданный субстрат представлен сегодня композитными и полимерными материалами, пластмассой и т.д. Органичным компонентом промышленности стали редкие металлы (легкие, рассеянные, редкоземельные, тугоплавкие, радиоактивные), применение которых придало ценные свойства многим конструкционным материалам.

Требования к вещественному субстрату предметов труда со временем резко возросли: с 50-х годов XX в. понадобилась очистка до 5-8 десятков. Очищенные до $10^{-3} - 10^{-5}$ % традиционные и новые материалы изменили свои свойства: хрупкость перешла в пластичность; коррозионность в химостойкость; температурная неустойчивость в жаропрочность, морозоустойчивость. Так, железо в очищенном виде оказалось мягким, легким в обработке, химически инертным; алюминий – пластичным, коррозиустойчивым; высокоочищенный молибден приобрел способность переходить в сверх-прочное состояние; цинк перестал реагировать на кислоту и т.д.

Технологи в результате подобного рода трансформаций природной основы предметов труда получили возможность, оперируя “чистыми” и “сверхчистыми” металлами, управлять производственными процессами и получать продукт труда с заданными человеком свойствами. Материалы, созданные химическим путем, бы-

стро нашли производственную “нишу” и существенно пополнили арсенал предметов труда.

В наши дни естественные продукты непрерывно и со все возрастающим размахом пополняются синтетическими продуктами, наделенными разнообразными и удивительными потребительно-стоимостными свойствами. Это пластмассы, превосходящие по прочности броню; легкие, как пробка; пластичные как резина; красивые как перламутр и яшма; легко поддающиеся резанию и сверлению, сварке и прессованию, отливке в форме и вытягиванию в ленты; искусственные волокна, не уступающие по прочности природным, но не подверженные гниению; несминаемые, гигроскопические, стойкие по отношению к химическим веществам и т.д.; композиционные материалы – бесчисленные подборки из металлов, керамики, стекла и полимеров, наделенные оригинальными свойствами (по сопротивлению, тепловому воздействию и ряду других параметров, каждый из них превосходит или резко отличается от компонентов, их составляющих); магнитные материалы, с большой эффективностью используемые для распределения электроэнергии, воспроизведения звуков и зрительных образов, хранения информации; оптические материалы, например, лазеры; биологические материалы – один из самых перспективных видов субстрата предмета труда широкого диапазона действия и т.д.

Количественный параметр, характеризующий объект труда сферы материального производства, за последние полвека также претерпел серьезную трансформацию: во всем мире изменяется соотношение объемов выпуска традиционных и современных материалов. Происходят сдвиги и внутри последних: среди пластмасс доминируют полиолефины, поливиниловые смолы и полистирол; среди химических волокон – полиамидные и полиэфирные виды и т.д. Следует заметить: прогрессивные материалы “забивают” право на коммерческое употребление быстрее, нежели их предшественники. Так, каждое вновь появляющееся текстильное волокно признается в среднем вдвое быстрее, чем потребительные свойства волокон, произведенных по “старой” технологии: доля хлопка в общем потреблении волокна росла в два раза быстрее, чем доля шерсти (вытеснившей ранее лен); доля синтетического волокна увеличива-

лась вдвое быстрее, чем искусственных. Во многом сходная картина наблюдается с конструкционными материалами.

Технологический прорыв был сделан более 80 лет назад нашим великим соотечественником физиком Г.А. Гамовым. Решение им уравнения Шредингера позволило описать процессы, происходящие при вылете частиц из ядра. Он стоял у истоков объяснения феномена туннелирования, составляющего основу современной атомной науки и техники, в том числе и, прежде всего, нано-индустрии.

Формальным родоначальником наноэффектов, однако, сегодня считают американского специалиста по квантовой механике и электродинамике Р. Фейнмана, высказавшего в 1959 г. предположение о возможном манипулировании атомами вещества (в 1965 году ему была присуждена Нобелевская премия).

Технико-технологическая НАНО-эволюция может быть проиллюстрирована такими вехами как-то:

- изобретение Г.Бинингом и Г.Рорером (1981 г.) сканирующего туннельного микроскопа, позволившего воздействовать на отдельные атомы (в 1985 г. они были удостоены Нобелевской премии);
- достижение атомарного разрешения (1982-1985 гг.);
- создание атомно-силового микроскопа (1986 г.);
- манипуляция единичными атомами (1990 г.);
- применение нанотехнологических методов в промышленности (1994 г.)

Сегодня нанотехнология и нанотехника ориентированы на создание твердых тел и поверхностей с определенной молекулярной структурой; получение новых химических веществ путем конструирования молекул (с участием и без участия химических реакций); разработку устройств различного функционального назначения (компоненты наноэлектроники, нанооптики, наноэнергетики, нанороботы, нанокomпьютеры, наноинструменты и т.д.); конструирование наноразмерных, самоорганизующихся и самореплицирующихся структур [1].

Согласно рекомендациям 7-й международной конференции по нанотехнологии (2004 г.,) выделяются типы наноматериалов: нанопористые структуры; наночастицы; нанотрубки и нановолокна; нанодисперсии (коллоиды);

наноструктурированные поверхности и пленки; нанокристаллы и нанокластеры [2].

Западные эксперты прогнозируют три этапа вхождения современного общества в нано-качество.

На первом будет происходить международный обмен научными результатами между учеными различных стран посредством открытых научных публикаций и выступлений на международных конференциях.

На втором разработка и внедрение нанотехнологий будет проходить в рамках национальных государств в условиях соперничества с научными сообществами других стран. Здесь в полную силу зазвучит пророчество Э.Теллера “Тот, кто раньше овладеет нанотехнологией, займет ведущее место в техносфере следующего столетия”.

У стран, успешно осваивающих наноиндустрию, может возникнуть желание воспользоваться своими преимуществами “в корыстных” целях, включая военные.

На третьем этапе, если успешно пройдет второй, будет реанимирована ситуация, идентичная по содержанию и форме первому: произойдет интеграция научных и промышленных достижений, результатом которых явится рост научной, технологической, социокультурной и политической взаимозависимости стран [3]

Возможности наноиндустрии таковы, что ее развитие в буквальном смысле слова “перекроит на новый лад” всю экономику.

К.Маркс, анализируя тенденции развития крупной промышленности, высказал предположение, смысл которого становится понятным только сейчас. В экономических рукописях 1857-1859 гг. он писал о неизбежности перехода на новую технико-экономическую стадию, в рамках которой созидание действительного богатства становится менее зависимым от количества затраченного труда, чем от мощи агентов, которые приводятся в движение в течение рабочего времени: “Теперь рабочий уже не помещает в качестве промежуточного звена между собой и объектом модифицированный предмет природы; теперь в качестве промежуточного звена между собой и неорганической природой, которой рабочий овладевает, он помещает природный процесс, преобразуемый им в промышленный. Вместо того, чтобы быть

главным агентом процесса производства, рабочий становится рядом с ним” [4].

В работах отечественных исследователей 60-70-х годов высказывались идеи о возможности трансформации объекта труда человека в направлении функционирования его по типу “природной машины”. Такого мнения придерживался лауреат Нобелевской премии академик Н.Н. Семенов. Обращая внимание на важность создания искусственных катализаторов для обеспечения технологического прорыва в химической промышленности, он писал: “При каталитических реакциях искусственно созданная матрица позволяет производить принудительную укладку реагирующих молекул, такую укладку, которая обеспечивает нужное направление процесса” [5]. “Не исключено, – поясняли эту мысль В.В. Болдырев и В.К. Журавлев, – что все функции системы автоматического управления будут возложены на сам процесс – подобно тому, как это происходит, например, в растениях. В некоторых случаях управление будет осуществляться вспомогательным параллельным химическим процессом, который можно рассматривать как “химическую вычислительную машину”. На выходе автоматического химического завода мы получим не химические продукты, а сразу те изделия, для которых они предназначены. Многочисленные превращения, которые претерпевает кусок железной руды, пока он не станет, например, подшипником или колесом, будут слиты в единый процесс, без промежуточных этапов или полупродуктов” [6].

Естественно-научная и философская литература середины прошлого века содержала богатую информационную палитру, в которой аргументировалась необходимость интенсивного развития междисциплинарных и трансдисциплинарных исследований, связанных с иницированием активного природного субстрата предмета труда.¹

¹ См.: Кузнецов В.И. Развитие наук о катализе. -М., 1964; Кривокрылова Р.В. Философский камень XX в. -М., 1967; Самборский Л.Н. Естественные процессы в материальном производстве.-М., 1970; Гарковенко Р.В. Философские вопросы современной химии. - М., 1970; Соснина Т.Н. Предмет труда (философский анализ).-Изд-во Саратовск. ун-та, 1976; ее же: Об оптимальном эколого-экономическом варианте функционирования системы “человек-средство труда –предмет труда” - Экологизация. Международный альманах.-София, Свиштов, 1984

Социально-экологические параметры

Нанотехнологии и наноматериалы в социально-экологическом измерении предполагают учет возможных последствий их использования, с одной стороны, подготовки кадров для работы в отраслях наноиндустрии, формирования общественного мнения потребителей нанопродуктов, с другой стороны.

Нанопродукты вошли в нашу жизнь незаметно, но властно. Большинство из нас даже не подозревает об этом. Например, когда мы берем в руки компакт DVD-диск, “налицо” наше общение с нано-миром, ибо при изготовлении матрицы для производства этих дисков использовались нанотехнологические методы.

Компания “Кодак” в 2004 году выпустила бумагу для струйных принтеров Ultima, состоящую из девяти слоев. Верхний слой содержит керамические наночастицы, делающие бумагу плотной и блестящей; во внутренних слоях расположены наночастицы, улучшающие качество печати; быстрой фиксации краски способствуют полимерные наночастицы, включенные в состав покрытия и т.д.

Плоды нанореволюции – это новые компьютерные чипы,¹ ткани, на которых не остается пятен; косметическая продукция; уникальные перевязочные материалы, противомикробные препараты; стиральные порошки и другие не менее экзотические изделия. Из многих направлений “нано” сегодня одно из самых успешных – это создание принципиально новых материалов с набором разных потребительских свойств, например, из атомов углерода можно сконструировать металл, полупроводники, диэлектрики.

В ведущих лабораториях мира, в том числе российских, создаются самые разные способы для манипулирования огромным числом атомов по принципу от простого к сложному (первоначально – самосборка атомов и молекул в макрообъектах, затем – в материалы) [7].

Еще более внушительное и удивительное зрелище представляют нанопродукты

¹ Уже сегодня на микрочипе удастся разместить 100 миллионов транзисторов, а к 2010 году за счет нанотехнологий их число возрастет до миллиарда. Это откроет фантастические возможности для создания суперкомпьютеров.

будущего, в том числе ближайшего. Практически все, что необходимо для жизни и деятельности человека может быть изготовлено молекулярными роботами непосредственно из атомов и молекул окружающей среды. Продукты питания – из почвы и воздуха, кремниевые микросхемы – из песка. Человечество получит комфортную среду обитания, в которой не будет места изнурительному физическому труду” [8].

Раскрывая перспективы внедрения нанотехнологий, применительно к отдельным отраслям производства и быта, Б. Чумаченко и К.Лавров уточняют координаты этих процессов.

В промышленности на смену традиционным методам придет сборка молекулярными роботами предметов потребления из атомов и молекул, вплоть до персональных синтезаторов и копирующих устройств. Первые результаты ожидаются в начале XXI в.

В сельском хозяйстве “естественные машины” (растения и животные) будут заменены их искусственными аналогами – комплексами из молекулярных роботов. Первые такие комплексы планируется создать к середине XXI в.

В кибернетике произойдет переход к объемным микросхемам, размеры активных элементов уменьшатся до размеров молекул, появится быстродействующая долговременная память на белковых молекулах, емкость которой будет измеряться терабайтами. Станет возможным “переселение” человеческого интеллекта в компьютер.

Освоению космоса “обычным” порядком будет предшествовать работа нанороботов, огромная армия которых появится в околоземном космическом пространстве.

В сфере экологии к середине XXI в. предполагается устранить негативное влияние деятельности человека на окружающую среду за счет насыщения экосферы молекулярными роботами - санитарами, превращающими отходы производства в исходное сырье.

В медицине в первой половине XXI будут созданы молекулярные роботы-врачи, “живущие” внутри человеческого организма и предотвращающие или устраняющие возникающие повреждения, включая генетические.

В области биологии в середине XXI в. станет возможным “восстановление” вымер-

ших видов растений и животных, создание новых типов живых существ – биороботов.

За счет внедрения логических наноэлементов во все атрибуты окружающей среды во второй половине XXI века последняя станет “разумной” и комфортной для человека” [9].

Подобного рода восторженные описания светлого будущего человечества время от времени перемежаются с умозаключениями диаметрально противоположного плана. “Это дальнейшее совершенствование зла, – считает один из основателей американского компьютерного гиганта Sun Microsystems Б. Джой – это зло, возможности которого намного превышают возможности оружия массового уничтожения. Мы изобретаем технологии, которые уничтожат все”.

Эрик Дрекслер – один из “отцов” современных нанотехнологий – также считает чрезвычайно опасной попытку создания нанороботов, обладающих способностью к самовоспроизведению и “питающихся” атомами. Он задается вопросом: “Что будет, если такие наноконструкторы начнут бесконтрольно воспроизводить самих себя и стремительно поглощать все новые и новые атомы?” Ответ мрачен: “Если первая структура сможет сотворить копию, скажем, за тысячу секунд, то вдвоем они создадут еще двух. К исходу десяти часа их будет более 68 млрд. Через сутки масса нового субстрата достигнет тонны, через два дня – они станут сопоставимы с массой Земли, а еще через четыре часа – больше Солнца со всеми планетами” [10].

Появились “первые ласточки” и другого плана. Недавно установили, что наноструктуры могут представлять опасность для человека и окружающей среды. Американская комиссия по безопасности пищевых продуктов и лекарств (FDA) объявила в связи с этим о необходимости лицензирования, регулирования товаров, изготовленных при помощи нанотехнологий, и использующих наноматериалы и наноструктуры (пищевые продукты, косметика, лекарства, аппаратура).

“Особую статью” для размышлений составляют продукты развития молекулярной биологии и генетической инженерии (биоматериалы и биотехнологии). Это специфическая “ветвь” нанотехнологии, которая появилась гораздо раньше, чем технико-техноло-

гические ее варианты. Она уходит корнями в далекое прошлое: процессами биотехнологии человек пользовался издревле (хлебопечение, виноделие, приготовление кисломолочных продуктов и сыра, выделка кож и т.д.) 50-70-е годы прошлого века характеризуются интенсивным развитием теоретических исследований и практических разработок в данной области. Здесь был сосредоточен также комплекс проблем с их плюсами и минусами, но в отличие от тех, которые вызваны технико-технологическим статусом наноиндустрии, бионанотехнология “говорит” с нами, преимущественно устами матери-природы и ее советами не стоит пренебрегать [11].

Видимо, появятся серьезные проблемы, связанные со специфическими характеристиками изотопов, возможными “разломами” вещества на стыках: живое-неживое; живое-человек как биосоциальное образование.

Возникает сакраментальный вопрос: “Можно ли покорить природу? Ответ: можно, но лишь “подчиняясь” ее законам. В этом состоит высший смысл гуманистической сущности человека (социума).

В социальном контексте актуальность приобретает феномен индивидуальной специфики личности. Современный ее вариант реализован “симбиозом” человека с компьютером, обеспечивающим определенную степень ее свободы во Всемирной паутине. Но если личность (например, хакер) в информационном обществе может нанести ущерб хоть и внушительный, но все же как-то “купируемый” социумом, то вред, который способны будут наносить индивиды, реализующие свободу “вкупе” с нанотехнологиями, могут создать ситуацию, представляющую опасность глобального масштаба [3].

Идеи В.И. Вернадского о возможности и необходимости технологического “подключения” производственной деятельности к биогеохимическим циклам Земли получили новое подтверждение. Между собой и природой человек все чаще помещает естественные процессы, в которых предмет труда – вещество природы как материальная основа производства со средствами деятельности функционально сливаются.

Великий провидец В.И. Вернадский высказывал озабоченность, что огромная часть

человечества не имеет возможности правильно, адекватно происходящему, судить об изменениях, которых оно вызывает на Земле. Задача “сохранить в человеке человеческое” становится актуальной, ибо его мощь сегодня сопоставима с мощью планетарных геологических процессов.

На системе образования и, прежде всего, университетах, лежит ответственность за подготовку новых поколений исследователей, материаловедов, технологов. Они должны получить междисциплинарный объем знаний, включающий в себя потенциал как технико-технологических, естественно-научных, так и гуманитарных наук.

Доминирующая сегодня дисциплинарная градация наук когда-то была, бесспорно, прогрессивным явлением, ибо шел процесс становления основных областей знаний. Что изменилось и продолжает стремительно меняться сегодня? Рост числа новых “симбиотических” наук налицо, а простора для их развития явно не хватает. В условиях рыночной экономики, когда финансирование наук ведется, в основном, сообразно традиционно сложившимся дисциплинам, междисциплинарные исследования ставятся в “неравное” положение.

Многие научные фонды за рубежом специально перетасовывают свои экспертные советы, включая в них специалистов разных дисциплин и часто конкурирующих друг с другом школ [12].

Нанотехнология – яркий пример междисциплинарного и трансдисциплинарного синтеза наук, требующая тесного взаимодействия наук, “балансирующих на границе «макромир-микромир»”. Сегодня прагматичный Запад “ломает” междисциплинарные барьеры, реализуя исследования в области нанотехнологии, привлекая к участию в соответствующих приоритетных программах не только инженеров, физиков, но и представителей социально-гуманитарных наук (философы, экономисты, социологи, психологи, политологи, культурологи и др.).

В заключении рассмотрим нанотехнологический потенциал России, сравним его с тем, которым сегодня располагают другие страны. В 2000г. в США приняли к исполнению долгосрочную комплексную программу “Национальная нанотехнологическая иници-

атива”. В соответствии с ней объем бюджетного финансирования нанотехнологических исследований уже в 2001 г. составил 420 млн. долл., в 2004г. он вырос до 900 млн. долл. и перешел на стационарный “режим” финансирования порядка 1 млрд. долл. ежегодно.

В 2003 г. Буш подписал акт об исследованиях и развитии нанотехнологий, где было определено свыше тысячи направлений. В этот спектр входят наноэлектроника, нанотехнология, молекулярная электроника, наноэлектромеханика, наноэнергетика, оптоэлектроника, комплекс дисциплин по созданию новых функциональных и конструкционных наноматериалов с “ответвлениями” в области медицины, машиностроения, робототехники, экологии, авионавтики систем безопасности [2]. К работе привлечены ведущие университеты, национальные лаборатории и производственные структуры как государственные, так и частные. Число продуктов, произведенных в США с помощью нанотехнологий, сегодня превышает 3000, более половины патентодержателей составляют американские компании, университеты и частные лица.

В настоящее время в США активно функционируют Центры “Нанотехнология и общество”, создана международная структура International Nanotechnology and Society Network (INSN) [http:// nanoandsociety.com](http://nanoandsociety.com).

В ряде западных университетов читаются спецкурсы, посвященные влиянию нанотехнологии на общество, проводятся опросы общественного мнения с целью изучения установок, ожиданий, опасений относительно развития нанотехнологий, их влияний на социум, так как все чаще звучат высказывания о радикальной замене биологического вида Homo sapiens видом Nano Sapiens [3].

Отечественные исследования в области нанотехнологий и наноматериалов начались в 90-е годы, но развития не получили. Лишь после 2000г. обозначилось сдержанное финансирование инициативных проектов РФФИ и были предприняты шаги по отработке соответствующих программ Минобороны, Минатома, Роскосмоса, Минэнерго. Ситуация стала меняться в лучшую сторону, когда Правительство Российской Федерации утвердило в 2004 году федеральную научно-техническую программу “Исследования и

разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники”. В перечне приоритетов появилось направление “Индустрия наносистем и наноматериалов”, обеспеченное средствами федерального бюджета. В 2005 этот курс получил продолжение. Министерство образования и науки с участием представителей ряда ведущих министерств подготовили проект федеральной целевой программы “Развитие исследовательской инновационной и технологической инфраструктуры для nanoиндустрии РФ на 2007-2009 годы”.

Параллельно был создан “Межведомственный научно-технический совет по проблеме нанотехнологий и наноматериалов”. Центром nanoиндустрии стал Курчатовский институт. До 2010 года предполагается выделить на развитие nanoиндустрии 28 млрд. рублей, а общие затраты по направлению планируются в пределах 138 млрд. рублей. К 2015 году предполагается обеспечить получение nanoпродуктов в объеме до триллиона рублей.

В России выделяются два основных направления в использовании нанотехнологий: первое – создание ультрадисперсных материалов (наноматериалов); второе – построение объектов различной степени сложности путем использования процессов молекулярной сборки и самосборки.

Двигаясь в первом направлении можно сконструировать новые материалы с уникальными свойствами – улучшенной износостойчивостью, повышенной предельной нагрузкой и устойчивостью к агрессивным средам, а также композиции для режущего и других типов инструментов. Второе направление призвано обеспечить создание новых веществ с заданными структурами и свойствами, реализовать принципиально новый подход к производству необходимых продуктов [13].

Российские ученые занимаются решением многих задач, связанных с НАНО. Наиболее важные: приборы вакуумной микроэлектроники на основе нанотрубок; интегральные устройства обработки сигналов на базе различных углеродных наноструктур; технология управляемой сборки или ориентированного формирования нанотрубок для создания высокоинтегрированных устройств обработки информации [14].

На совещании по развитию нанотехнологий В.В. Путин подтвердил установку политической элиты страны на развитие нанотехнологий: “Возросший экономический потенциал России открывает новые возможности для развития фундаментальных исследований... Нанотехнология востребована в промышленности, медицине, транспорте, в аэрокосмическом комплексе, в телекоммуникациях. Концентрация наших материальных ресурсов, интеллектуального потенциала должна активизировать разработку и внедрение этих принципиально новых стратегических технологий в России” [15].

Программа взята на контроль президентом. В.В. Путин в своем послании Федеральному собранию подчеркнул, что государство на реализацию программы развития нанотехнологий не пожалеет никаких средств. По масштабам переход к “nano” намного превосходит атомный и космический проекты. Здесь поле деятельности – вся экономика. В России формируется корпорация по нанотехнологиям, куда должны войти производители новой продукции.

Реальные очертания приобрела проблема участия российского бизнеса в nano-проектах, который сегодня не только на “nano”, но и на другие высокие технологии не обращает пока никакого внимания. Логика “стара как мир” – для чего рисковать, когда “сырьевая труба” обеспечивает сверхприбыль.

Михаил Фрадков, комментируя сложившуюся ситуацию, резонно заметил: “Если бизнес не пойдет в нанотехнологии, он пропустит все на свете и будет, в лучшем случае, в телогреечке работать на скважине, управляемой нашими друзьями и партнерами” [16].

Нанотехнологи “грозят” во вполне прогнозируемой перспективе – середине нашего века – “выращивать” на молекулярном уровне природные ресурсы (ископаемые, нефть) в промышленных масштабах. Поэтому странам-донорам природных неорганических ресурсов, к которым принадлежит и Россия, стоит “призадуматься” об изменении своих экономических ориентиров.

Задача России – максимально использовать шанс на “нанотехнологический прорыв”, вкладывая нефте-газо-доллары в наиболее перспективные фундаментальные, приклад-

ные исследования этого направления и реализуют их продукты в промышленности.

Широкомасштабное и скоординированное развертывание работ в области нанотехнологий позволит нашей стране восстановить и поддерживать паритет с ведущими государствами в науке и технике.

Нанотехнологии могут стать инструментом интеграции технологического комплекса России в международный рынок высоких технологий и надежно обеспечить конкурентоспособность отечественной продукции [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананян М.* Наноробототехника: аспекты, технологии // Стандарты и качество. 2003. № 5.
2. *Третьяков Ю.Д.* Проблема развития нанотехнологий в России и за рубежом // Вестник Академии наук. 2007. Т. 77. № 1.
3. *Давыдов А.А.* В преддверии бытия наносообщества // Социс. 2007. № 3.
4. *Маркс К.* Экономические рукописи 1857-1859 годов. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. II.
5. *Семенов Н.И.* Задачи советской химической науки. В кн.: Новое в химии. М., 1964.
6. *Болдырев В.В., Журавлев В.К.* Химия твердого тела и технология. М., 1974.
7. *Медведев Ю.* В погоне за лидерами революционного направления // Российская газета. Экономика, инновации. 29 мая 2007.
8. *Шипилов А.* О дивный новый мир // Компьютера. № 41. 13 октября 1997
9. *Чумаченко Б., Лавров К.* Нанотехнологии – ключевой приоритет обозримого будущего // Проблемы теории и практики управления. 2001. № 5.
10. По материалам зарубежной печати. Наномир – спасение или конец света? // Экология и жизнь. 2003. № 4 (33).
11. *Бурень В.И., Бурень О.В.* Биология и нанотехнология. Ростов-на Дону, 2006
12. *Горохов В.Г.* Междисциплинарные исследования научно-технического развития и инновационная политика // Вопросы философии. 2006. № 4.
13. *Альперин Л.* Начало “нанотехнологической революции” в России // Стандарты и качество. 2001. № 10.
14. *Быков В.А.* Нанотехнологический потенциал России // Наука в России. 2003. № 6,
15. <http://www.kremlin.ru/text/appears/2007/04/124245.shtml>
16. Российская газета. 29 мая 2007.7
17. Мир материалов и технологий. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. М., 2006.

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN TECHNICAL - TECHNOLOGICAL AND SOCIAL - ECOLOGICAL MEASUREMENT

© 2007 F.V.Grechnikov, T.N.Sosnina

Samara State Aerospace University

Authors analyze the problems connected to development and introduction nanotechnics and nanotechnologies in a domestic and foreign science - practice. In article technical - technological, social - ecological aspects of realization of these unique projects are considered.