

НАНОТЕХНОЛОГИИ: ОТ СОЗДАНИЯ ДО ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СФЕР ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА (ИСТОРИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Раскрыта история создания термина и методов, которые называют нанотехнологией, выстроена мировая хронология ключевых этапов и достижений развития нанотехнологий.

Ключевые слова: нанотехнология, наночастицы, нанообъекты, микромир, фуллерены, графен, углеродная нанотрубка

NANOTECHNOLOGIES: FROM CREATION TO GLOBAL CHANGE OF HUMAN ACTIVITY SPHERES (HISTORICAL ASPECT)

L.V. Medvedeva.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article reveals the history of the term and the methods that are called nanotechnology built world chronology of key milestones and achievements of nanotechnology development.

Keywords: nanotechnology, nanoparticles, nano-objects, microcosm, fullerenes, graphene, carbon nanotube

Впервые термин «нанотехнология» употребил японский физик Норио Танигути в 1974 г. На международной конференции по промышленному производству в г. Токио Танигути использовал это слово для описания сверхтонкой обработки материалов с нанометровой точностью, предложил называть им механизмы размером менее одного микрона. При этом были рассмотрены не только механическая, но и ультразвуковая обработка, а также пучки различного рода (электронные, ионные и т.п.).

В 1980-х гг. этот термин использовал Эрик К. Дрекслер в своих книгах: «Машины создания: грядет эра нанотехнологии» («Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology») и «Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation» [1, 2].

Первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с известным выступлением Ричарда Фейнмана «Там внизу много места» (англ. «There's Plenty of Room at the Bottom»), сделанным им в 1959 г. в Калифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества. Ричард Фейнман предположил, что возможно механически перемещать одиночные атомы при помощи манипулятора соответствующего размера. По крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам.

Этот манипулятор он предложил делать следующим способом. Необходимо построить механизм, создававший свою копию, только на порядок меньшую. Созданный меньший механизм должен опять создать свою копию, опять на порядок меньшую, и так до тех пор, пока размеры механизма не будут соизмеримы с размерами порядка одного атома. При этом необходимо будет делать изменения в устройстве этого механизма, так как силы гравитации, действующие в макромире, будут оказывать все меньшее влияние, а силы межмолекулярных взаимодействий будут все больше влиять на работу механизма. Последний этап – полученный механизм соберет свою копию из отдельных атомов. Принципиально число таких копий неограниченно, можно будет за короткое время создать

произвольное число таких машин. Эти машины смогут таким же способом, поатомной сборкой, собирать макровещи. Это позволит сделать вещи на порядок дешевле – таким роботам (нанороботам) нужно будет дать только необходимое количество молекул и энергию и написать программу для сборки необходимых предметов. До сих пор никто не смог опровергнуть эту возможность, но и никому пока не удалось создать такие механизмы. Принципиальный недостаток такого робота – невозможность создания механизма из одного атома [3].

Фейнман Р. описал предполагаемый им манипулятор: «Я думаю о создании системы с электрическим управлением, в которой используются изготовленные обычным способом «обслуживающие роботы» в виде уменьшенных в четыре раза копий «рук» оператора. Такие микромеханизмы смогут легко выполнять операции в уменьшенном масштабе. Я говорю о крошечных роботах, снабженных серводвигателями и маленькими «руками», которые могут закручивать столь же маленькие болты и гайки, сверлить очень маленькие отверстия и т.д. Короче говоря, они смогут выполнять все работы в масштабе 1:4. Для этого, конечно, сначала следует изготовить необходимые механизмы, инструменты и руки-манипуляторы в одну четвертую обычной величины (на самом деле, ясно, что это означает уменьшение всех поверхностей контакта в 16 раз). На последнем этапе эти устройства будут оборудованы серводвигателями (с уменьшенной в 16 раз мощностью) и присоединены к обычной системе электрического управления. После этого можно будет пользоваться уменьшенными в 16 раз руками-манипуляторами! Сфера применения таких микророботов, а также микромашин может быть довольно широкой – от хирургических операций до транспортирования и переработки радиоактивных материалов. Я надеюсь, что принцип предлагаемой программы, а также связанные с ней неожиданные проблемы и блестящие возможности понятны. Более того, можно задуматься о возможности дальнейшего существенного уменьшения масштабов, что, естественно, потребует дальнейших конструктивных изменений и модификаций (кстати, на определенном этапе, возможно, придется отказаться от «рук» привычной формы), но позволит изготовить новые, значительно более совершенные устройства описанного типа. Ничто не мешает продолжить этот процесс и создать сколько угодно крошечных станков, поскольку не имеется ограничений, связанных с размещением станков или их материалоемкостью. Их объем будет всегда намного меньше объема прототипа. Легко рассчитать, что общий объем 1 млн уменьшенных в 4 000 раз станков (а следовательно, и масса используемых для изготовления материалов) будет составлять менее 2 % от объема и массы обычного станка нормальных размеров. Понятно, что это сразу снимает и проблему стоимости материалов. В принципе, можно было бы организовать миллионы одинаковых миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т.п. По мере уменьшения размеров мы будем постоянно сталкиваться с очень необычными физическими явлениями. Все, с чем приходится встречаться в жизни, зависит от масштабных факторов. Кроме того, существует еще и проблема «слипания» материалов под действием сил межмолекулярного взаимодействия (так называемые силы Ван-дер-Ваальса), которая может приводить к эффектам, необычным для макроскопических масштабов. Например, гайка не будет отделяться от болта после откручивания, а в некоторых случаях будет плотно «приклеиваться» к поверхности и т.д. Существует несколько физических проблем такого типа, о которых следует помнить при проектировании и создании микроскопических механизмов».

В микромире протекают все базовые физические процессы, определяющие макровзаимодействия. Разработки ученых все чаще имеют дело с объектами микромира, атомами, молекулами, молекулярными цепочками. Природа сама наталкивает человека на идею создания нанообъектов. Любая бактерия, по сути, представляет собой организм, состоящий из наномашин: ДНК и РНК копируют и передают информацию, рибосомы формируют белки из аминокислот, митохондрии вырабатывают энергию. Очевидно, что на данном этапе развития науки ученым приходит в голову копировать и совершенствовать эти явления.

Создание сканирующего туннельного микроскопа в 1982 г. позволило ученым не только различать отдельные атомы, но и двигать их и собирать из них конструкции, в частности компоненты будущих наномашин – двигатели, манипуляторы, источники питания, элементы управления. Создаются нанокапсулы для прямой доставки лекарств в организме, нанотрубки в 60 раз прочней стали, гибкие солнечные элементы и множество других удивительных устройств.

Одним из основных видов нанообъектов являются наночастицы. При разделении вещества на частицы размером в десятки нанометров общая суммарная поверхность частиц в веществе увеличивается в сотни раз, а вследствие этого усиливается взаимодействие атомов материала с внешней средой, ведь теперь они почти все на поверхности [4].

Это явление используется в современной технике. Например, в медицине применяется нанопорошок серебра, которое обладает антисептическими свойствами. Наночастицы диоксида титана отталкивают грязь и позволяют создать самоочищающиеся поверхности. Нанопорошок алюминия ускоряет сгорание твердого ракетного топлива. Новые литиево-ионные аккумуляторы, содержащие наночастицы, заряжаются буквально за пару минут. Подобных примеров сейчас уже много. Еще одним элементом, открытым в 80-х гг. стали фуллерены. Эти конструкции напоминают мячи, состоящие из атомов углерода.

Другим хорошо известным наноэлементом является углеродная нанотрубка. Это одноатомный слой углерода, свернутый в цилиндр диаметром в несколько нанометров. Впервые эти объекты были получены в 1952 г., но лишь в 1991 г. они привлекли внимание ученых. Прочность этих трубок превышает прочность стали в десятки раз, они выдерживают нагрев до 2 500 °С и давление в тысячи атмосфер. Эта прочность свойственна и изготовленным на их основе материалам. В электронике нанотрубки могут применяться как хорошие проводники, а также как полупроводники.

Еще одним наноматериалом является графен – двумерный углеродный слой, плоскость, состоящая из атомов углерода. Этот материал был впервые получен русскими физиками, работающими в Англии. Многие ученые полагают, что этот материал, обладающий уникальными свойствами, в будущем станет основой микропроцессоров, вытеснив современные полупроводники. Кроме того, этот материал также невероятно прочен. Графен – основной конкурент нанотрубок в области нанoeлектроники. Это развернутая в двухмерный лист углеродная нанотрубка или наноматериал графен, на основе которого уже созданы графеновые полевые транзисторы. Благодаря уникальным свойствам углерода в пространственной решетке графена, последний характеризуется высокой мобильностью электронов, что делает графен очень перспективной основой нанoeлектронных устройств [5].

Все наноэлементы все чаще находят применение в различных областях технологии – от медицины до космических исследований (рис. 1).

По прогнозам американской ассоциации National Science Foundation объем рынка товаров и услуг, с использованием нанотехнологий может вырасти до 1 трлн долл. в ближайшие 10–15 лет:

- в промышленности – материалы с высокими заданными характеристиками, которые не могут быть созданы традиционным способом, могут занять рынок объемом 340 млрд долл. в ближайшие 10 лет;

- в полупроводниковой промышленности объем рынка нанотехнологичной продукции может достигнуть 300 млрд долл. в ближайшие 10–15 лет;

- в сфере здравоохранения использование нанотехнологий может позволить помочь увеличить продолжительность жизни, улучшить ее качество и расширить физические возможности человека;

- в фармацевтической отрасли около половины всей продукции будет зависеть от нанотехнологий. Объем продукции с использованием нанотехнологий составит более 180 млрд долл. в ближайшие 10–15 лет;

- в химической промышленности наноструктурные катализаторы имеют применение при производстве бензина и в других химических процессах, с приблизительным ростом рынка до 100 млрд долл. По прогнозам экспертов рынок таких товаров растет на 10 % в год;
- в транспорте применение нанотехнологий и наноматериалов позволит создавать более легкие, быстрые, надежные и безопасные автомобили. Рынок только авиакосмических продуктов может достичь 70 млрд долл. к 2015 г.;
- в сельском хозяйстве и в сфере защиты окружающей среды применение нанотехнологий может увеличить урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечить более экономичные пути фильтрации воды и позволит ускорить развитие возобновимых источников энергии, таких как высокоэффективная конверсия солнечной энергии. Это позволит снизить загрязнение окружающей среды и экономить значительные средства;
- в сфере использования энергии света через 10–15 лет может снизить потребление энергии в мире на 10 %, предоставить общую экономию 100 млрд долл. и, соответственно, сократить вредные выбросы углекислого газа в размере 200 млн т.



Рис. 1. Применение нанотехнологий

Рассмотрим мировой процесс создания фундамента, развития и практических достижений нанотехнологий в историко-логическом хронологическом порядке [6, 7, 8]:

1905 г. Швейцарский физик Альберт Эйнштейн опубликовал работу, в которой доказывал, что размер молекулы сахара составляет примерно один нанометр.

1931 г. Немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

1959 г. Американский физик Ричард Фейнман впервые прочел лекцию на годичном собрании Американского физического общества, которая называлась «Полно игрушек на полу комнаты». Он обратил внимание на проблемы миниатюризации, которая в то время была актуальна и в физической электронике, и в машиностроении, и в информатике. Эта работа считается основополагающей в нанотехнологии, но некоторые пункты этой лекции противоречат физическим законам.

1968 г. Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.

1974 г. Японский физик Норио Танигути впервые употребил термин «нанотехнология».

1982 г. Германские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер создали специальный микроскоп для изучения объектов наномира. Ему дали обозначение СЗМ (Сканирующий зондовый микроскоп). Это открытие имело огромное значение для развития нанотехнологий, так как это был первый микроскоп, способный показывать отдельные атомы.

1985 г. Американские физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смэйли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр (нм).

1986 г. Нанотехнология стала известна широкой публике. Американский футуролог Эрк Дрекслер, пионер молекулярной нанотехнологии, опубликовал книгу «Двигатели созидания», в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться, постулировал возможность использовать наноразмерные молекулы для синтеза больших молекул, но при этом глубоко отразил все технические проблемы, стоящие сейчас перед нанотехнологией. Чтение этой работы необходимо для ясного понимания того, что могут делать наномашинны, как они будут работать и как их построить [1].

1989 г. Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM (США), выложил название своей фирмы атомами ксенона.

1998 г. Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.

1999 г. Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя так же, как молекулярные цепочки.

2000 г. Администрация США поддержала создание Национальной Инициативы в Области Нанотехнологии. Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование. Тогда из федерального бюджета было выделено 500 млн долл.

2001 г. Марк Ратнер считает, что нанотехнологии стали частью жизни человечества именно в 2001 г. Тогда произошли два знаковых события: влиятельный научный журнал «Science» назвал нанотехнологии «прорывом года», а влиятельный бизнес-журнал «Forbes» – «новой многообещающей идеей». Сейчас по отношению к нанотехнологиям периодически употребляют выражение «новая промышленная революция» [1].

2002 г. На Кубке Дэвиса (Davis Cup) были впервые использованы теннисные мячи, созданные с использованием нанотехнологий. Производители уже получают первые заказы на наноустройства. К примеру, армия США заказала компании Friction Free Technologies разработку военной формы будущего. Компания должна изготовить носки с использованием нанотехнологий, которые должны будут выводить за пределы носков пот, но сохранять ноги в тепле, а носки в сухости. Неизвестно, будут ли такие носки нуждаться в стирке.

2004 г. В Манчестерском университете было создано небольшое количество материала, названного графен. Роберт Фрейтас предполагает, что этот материал может служить подложкой для создания алмазных механосинтетических устройств.

2005 г. В лаборатории Бостонского университета была получена антенна-осциллятор размерами порядка 1 мкм. Это устройство насчитывает 5 млрд атомов и способно осциллировать с частотой 1,49 ГГц. Это позволит передавать с ее помощью большие объемы информации.

2005–2006 гг. Наноаккумулятор. В начале 2005 г. компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Аккумуляторы с особыми электродами имеют время зарядки 10–15 мин. В феврале 2006 г. компания начала производство аккумуляторов на своем заводе в Индиане.

2006 г.:

– Водородный топливный элемент «Casio». Топливный элемент вдвое легче литиевого аккумулятора. Время автономной работы больше в 3 раза. Уже появились первые образцы данного устройства;

– Нано-багги (молекулярная машина). Джеймсом Туром из университета Райса разработана молекулярная машина, которая ездит по атомам золотой подложки с помощью световой энергии. Правда, у молекулярного автомобиля пока что нет заднего хода и рулевого управления и колеса из фуллеренов (C₆₀ молекулы углерода, напоминающие футбольный мяч), но зато он состоит всего из 300 атомов золота и имеет собственный автономный мотор. Наномашин настолько малы (их размер составляет 3–4 нм), что 20 тыс. устройств можно поместить на торце человеческого волоса. Научный мир высоко оценивает работы Джеймса, так как до сих пор никому не удавалось создать движущуюся наносистему такой сложности;

– Молекулярный автомобиль обзавелся мотором. Особенно важным в области наномеханики можно считать Двигатель внутреннего сгорания из двух молекул. Японским же ученым удалось синтезировать новый тип наномотора, который приводится в движение светом. В работе двух молекул используется принцип работы кривошипно-шатунного механизма совместно с поршнем, только на атомарном уровне. Решение проблемы передачи и превращения разных видов энергии одна в другую в наноразмерном диапазоне – один из открытых вопросов наномеханики, поэтому достижения японских ученых могут пригодиться при разработке наноробототехники;

– ДНК-машины открывают путь нанороботам. Периодические структуры на основе молекул ДНК появились еще десять лет назад. Теперь же ученые перешли к конструированию наномеханических ДНК-машин. Недавно ученые-нанотехнологи под руководством известного ДНК-конструктора Нэда Симэна создали руку робота на основе молекулы ДНК и прикрепили ее к двумерной кристаллической ДНК-матрице. По мнению исследователей, это открытие – первый серьезный шаг к развитию наноробототехники. Универсальность молекулы ДНК позволяет тиражировать это устройство с помощью генной инженерии, и тогда ученые смогут создавать сложные наномашин с множеством манипуляторов, способные выполнять сложные запрограммированные движения;

– Первая рабочая микросхема на нанотрубке. Американским ученым из компании IBM удалось впервые в мире создать полнофункциональную интегральную микросхему на основе углеродной нанотрубки, способную работать на терагерцевых частотах. Наноробот работает на частоте, которая в 100 тыс. раз больше, нежели у предыдущих нанотрубчатых чипов;

– Флэш-память на основе нанотрубок. Нанотрубчатая электроника становится «теплой» и это позволит ей скорее выйти на потребительский рынок. Группе исследователей удалось создать флэш-память на основе нанотрубок. Устройство пока еще не является полноценным коммерческим продуктом, но ученые надеются, что их исследования приведут к разработке новых типов архитектуры молекулярной памяти и позволят наладить массовый выпуск таких электронных устройств. Новая флэш-ячейка – это своеобразный «бутерброд», состоящий из нанотрубок, композита и кремниевой подложки. Его толщина всего несколько нанометров. Естественно, память, изготовленная на основе «нанобутерброда», будет гораздо более миниатюрной, чем современные аналоги;

– Полевой нанотранзистор. Это уникальное устройство, созданное учеными из Гарварда, состоит из германиево-кремниевого ядра и кремниевых нанострун. По мнению экспертов, это самый совершенный полевой транзистор, который когда-либо был создан. Ge-Si-нанострунный полевой транзистор быстрее в 3–4 раза, чем любые современные кремниевые;

– Транзистор из одной молекулы. Наименьший размер транзисторов, изготавливаемых современной микроэлектронной промышленностью, составляет 45 нм. Новый нанотранзистор Qu1ET имеет длину всего один нанометр. Нанотранзистор меньшего размера до сих пор изготовить не удавалось. По словам ученых, переход на сверхмалые транзисторы будет проходить постепенно – после окончания естественной эволюции обычных кремниевых микрочипов;

– Дисплеи-невидимки. Исследования по созданию «невидимой» электроники ведутся давно, но до сих пор ученым не удавалось создать материал для транзисторов, который был бы «невидимым» и в то же время обеспечивал высокую скорость работы. Теперь же учеными созданы прозрачные транзисторы, которые могут совмещаться с такими технологиями, как органические светодиоды, жидкокристаллические панели и электролюминесцентные дисплеи, которые широко используются для изготовления телевизоров, мониторов, ноутбуков и сотовых телефонов;

– «Святой Грааль» от электроники. Новый класс полупроводниковых устройств, в которые можно интегрировать нано-магниты методом точного размещения атомов металла на материал, из которого формируется подложка чипа. Таким образом ученые надеются получить контроль на атомном уровне за архитектурой чипа и произвести объединение нескольких ключевых компонентов компьютеров (процессор, память, жесткий диск) в одно устройство. Объединение этих устройств компьютеров в одно позволит уменьшить энергопотребление и увеличит скорость обработки информации. В перспективе данная технология может привести к появлению на рынке мультимедийных устройств с одним чипом, в котором будет «вся» вычислительная электроника и память. Это и «одноразовые» электронные книги, и различные мобильные мультимедийные игры, и просто «умная пыль». О массовом производстве подобных чипов пока речи нет – ученые разместили несколько атомов с помощью зонда сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), «вынув» предварительно атомы материала подложки;

– «Жидкая броня» защитит лучше кевлара? На вооружении США вскоре может появиться обмундирование нового типа, которое по своим защитным свойствам и эргономическим характеристикам превосходит современные кевларовые аналоги. Эффект сверхзащиты достигается благодаря специальному пакету из кевлара, наполненному раствором сверхтвердых наночастиц в неиспаряющейся жидкости. Как только происходит механическое давление высокой энергии на кевларовую оболочку, наночастицы собираются в кластеры, изменяя при этом структуру раствора жидкости, который превращается в твердый композит. Этот фазовый переход происходит менее чем за миллисекунду, что и позволяет защитить солдат не только от ножевого удара, но и от пули или осколка. Американский холдинг-производитель солдатского обмундирования и бронежилетов U.S. Armog Holdings лицензировал технологию «жидкого бронежилета» и планирует начать его массовое производство;

– Бронежилет. Австралийские ученые предложили изготавливать жилеты из материалов на основе углеродных нанотрубок. Последние обладают пулеотталкивающим свойством – под воздействием пули тоненькие трубки прогибаются, а затем восстанавливают форму с отдачей энергии;

– Лаборатория-на-чипе: экспресс-анализатор крови. Исследователи из Калифорнийского технологического института разработали портативный анализатор крови, который будет выполнять точный анализ всего за 2 мин. Они миниатюризировали счетную машину-анализатор, которая используется в обычных лабораториях, и получили устройство, не превышающее размерами мобильный телефон. В результате получилась настоящая портативная лаборатория, способная проводить анализ по капле крови;

– Нанотрубки в регенерации тканей мозга и сердечной мышцы. Одним из наиболее интересных достижений ученых в области наномедицины оказалась технология восстановления поврежденной нервной ткани с помощью углеродных нанотрубок. Как показали эксперименты, после имплантирования в поврежденные участки мозга специальных матриц из нанотрубок в растворе стволовых клеток уже через восемь недель ученые обнаружили восстановление нервной ткани. Однако при использовании нанотрубок либо стволовых клеток отдельно аналогичного результата не было. По мнению ученых, это открытие позволит помочь людям, страдающим болезнью Альцгеймера и Паркинсона.

Наноструктуры также могут помочь в восстановительной терапии после острых сердечных заболеваний. Так, наночастицы, введенные в кровеносные сосуды мышей, помогли восстановить сердечно-сосудистую деятельность после инфаркта миокарда. Принцип метода состоит в том, что самособирающиеся полимерные наночастицы помогают «запустить» естественные механизмы восстановления сосудов;

– Нано-Гуттенберг: первый «печатный станок» для наноструктур. Фундамент для будущего массового применения наносистем заложили исследователи из Северо-Западного университета США, которые разработали установку, позволяющую производить в наноразмерном диапазоне одновременно до 55 тыс. наноструктур с атомарной точностью и одинаковым молекулярным шаблоном на поверхности. Установка использует технологию нанолитографии глубокого пера, которая и позволяет делать «массовые» оттиски, как если бы наносистемы печатались на типографском станке. Однако для типографских технологий одного пера недостаточно, поэтому ученые скомбинировали около тысячи независимо управляемых перьев. Благодаря такому подходу, нанолитография глубокого пера стала универсальным инструментом для производства полупроводниковых компонентов со сложной структурой.

2007 г.:

Компания Intel (США) начала выпускать обычные и многоядерные процессоры, содержащие наименьший структурный элемент размерами примерно 45 нм. В дальнейшем компания намерена достичь размеров структурных элементов до 5 нм и перейти на новые материалы, такие как квантовые точки, полимерные пленки и нанотрубки. Основной конкурент Intel – компания AMD (США), во второй половине 2008 г. запустит процессоры, выполненные по 45-нанометровому техпроцессу.

В Новосибирске начали производить лекарство-тромболитик (совместная разработка фармацевтиков и физиков-ядерщиков), которое не имеет аналогов в мире по эффективности, а цена во много раз меньше.

Развитие нанотехнологий невозможно без самого современного научного оборудования (самая скромная нанолаборатория стоит не менее 10 млн долл.). По мнению экспертов, чтобы нанотехнологии стали реальностью, ежегодно необходимо тратить не менее 1 трлн долл. Именно финансирование данной отрасли является первостепенным фактором развития. Нанотехнология является высокотехнологической отраслью науки, а развитие таких областей невозможно без серьезных капиталовложений (рис. 2, рис. 3).

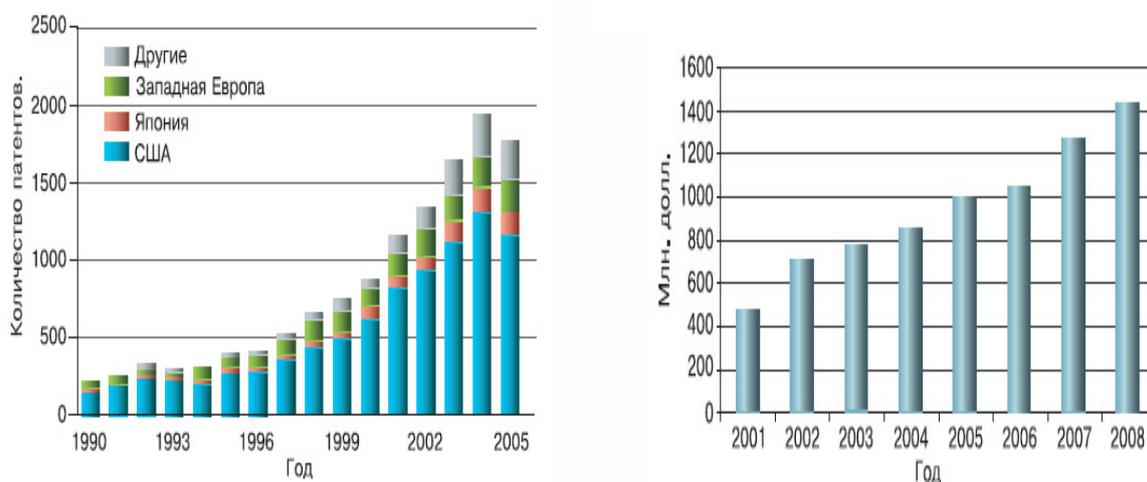


Рис. 2. Объемы инвестиций правительства США в разработки в области нанотехнологий

В 2000 г. в США принята долгосрочная президентская комплексная программа финансирования нанотехнологий (в 2001 г. – 460 млн долл., в 2004 г. – 1 млрд долл., 2005–2007 гг. – 1,2 млрд долл. в год.). В 2001–2002 гг. подобные программы приняты в Евросоюзе, Японии, Китае, Южной Корее и других странах.

Государственный бюджет Национальной нанотехнологической инициативы США на 2006 – 2008 г. (млн. долларов)			
	2006	2007	2008
Национальный научный фонд	359,7	373,2	389,9
Министерство обороны	423,9	417,2	374,7
Министерство энергетики	231,0	235,2	331,5
Национальные институты здоровья (Министерство здравоохранения)	191,6	193,8	202,9
Национальный институт стандартов и технологий (Министерство торговли)	77,9	84,2	96,6
НАСА	50,0	25,0	24,0
Агентство по защите окружающей среды	4,5	8,5	10,2
Объединенная государственная служба исследований, образования и развития (Министерство сельского хозяйства)	3,9	3,4	3,0
Национальный институт профессиональных заболеваний и безопасности (Министерство здравоохранения)	3,8	6,6	4,6
Лесная служба (Министерство сельского хозяйства)	2,3	2,6	4,6
Министерство внутренней безопасности	1,5	2,0	1,0
Министерство юстиции	0,3	1,4	0,9
Министерство транспорта	0,9	0,9	0,9
Всего	1351,2	1353,9	1444,8



Рис. 3. Распределение патентов США, связанных с нанотехнологиями

В России финансирование нанотехнологий в 2001–2004 гг. не превышало 20 млн долл. в год по всем научным программам. Но в 2005–2006 гг. с утверждением новой редакции Федеральная целевая научно-техническая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 годы» финансирование возросло на 70 млн долл. в год в рамках приоритетного направления «Индустрия наносистем и материалы».

С начала 2007 г. в России действует Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» с бюджетным финансированием в размере 134 млрд руб. (5 млрд долл.), из которых на долю нанотехнологий приходится менее 50 млрд руб. Этими средствами управляет госкорпорация (ГК) «Роснано». Контроль над ней осуществляется правительством. При этом прибыль от деятельности ГК «Роснано» не подлежит изъятию и распределению правительством. Кроме того, «Роснано» выведен из-под действия закона о банкротстве. Корпорации разрешено расходовать любые средства на покупку ценных бумаг (в рамках поддержки нанотехнологических проектов). Также она имеет право инвестировать свободные средства в любые финансовые инструменты.

Размер инвестиций утверждает наблюдательный совет «Роснано» раз в год. Наблюдательный совет корпорации (15 человек: 5 депутатов или сенаторов, 5 членов правительства или администрации президента, 5 представителей науки, бизнеса или Общественной палаты) назначается правительством.

Перспективы нанотехнологической отрасли поистине грандиозны. Нанотехнологии кардинальным образом изменят все сферы жизни человека. На их основе могут быть созданы

товары и продукты, применение которых позволит революционизировать целые отрасли экономики. Джош Волфе (Josh Wolfe), редактор аналитического отчета Forbes (Wolfe Nanotech Report), пишет: «Мир будет просто построен заново. Нанотехнология потрясет все на планете».

Литература

1. Drexler K. Eric. Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology. New York: Anchor Books, 1986.
2. Mckeown P. Nanotechnology: Step into the Future (Нанотехнологии: Шаг в Будущее). М.: Вильямс, 1999. С. 27.
3. Гладких Н.Т., Крышталь А.П., Богатыренко С.И. Особенности структурного состояния и диффузионной активности малых частиц: материалы Воронеж. конф. по нанотехнологиям. Воронеж, 2007. 14–20 окт.
4. Кабаченко Л.А. Тонкопленочные неорганические материалы: материалы Воронеж. конф. по нанотехнологиям. Воронеж, 2007. 14–20 окт.
5. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи (Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea). М.: Вильямс, 2006. С. 240.
6. Науки и разработки R@D.CNews: новостной сайт. URL: <http://www.rnd.cnews.ru> (дата обращения: 21.02.2014).
7. Соловьев М. Нанотехнология – ключ к бессмертию и свободе // Компьютерра. 1997. № 41 (218).
8. Хасслахер Б., Тилден М. Живые машины // Природа. 1995. № 4.