

Владислав Фельдблюм

**«Нано» на стыке наук:
нанообъекты, нанотехнологии, нанобудущее**

(Электронное междисциплинарное издание)

Ярославль - 2013

Аннотация

В издании анализируются и обобщаются опубликованные данные о состоянии и перспективах развития нанонауки и нанотехнологии. Приведены сведения о наночастицах, способах их получения и исследования, сферах применения. Рассмотрены различные направления использования нанотехнологии. Описано применение нанотехнологий в производстве новых материалов с уникальными свойствами, в биологии и медицине, в новых источниках электрического тока, в охране окружающей среды, для наноразмерных приборов и устройств, в наноэлектронике и молекулярных компьютерах, в машиностроении, на транспорте будущего, в строительстве и архитектуре, в лакокрасочной промышленности, в химических аккумуляторах солнечной энергии, в средствах связи и информации, в военной технике и др. Проанализировано влияние нанотехнологий на будущее цивилизации. Отмечены основные черты будущего nanoобщества как продукта интеллектуальной и технологической революции. Подчеркивается возрастающая опасность глобальных наноугроз и важность глобальной ответственности для их преодоления. Рассмотрены перспективы России в развивающемся наномире.

В издании выдержана единая концепция всестороннего, комплексного подхода к изучению многообразной проблемы «нано». Показано, что эта проблема является междисциплинарной по своей сущности и стремительно развивается на стыке наук и благодаря взаимодействию наук – естественных, технических и гуманитарных. На многочисленных примерах убедительно показано, что развитие и практическая реализация нанотехнологий не только окажет огромное преобразующее влияние на жизнь общества, но и породит новые сложные проблемы, которые потребуют неотложного решения общими силами человечества.

Издание может рассматриваться и как учебное пособие, и как научное издание, и как своего рода путеводитель по наиболее перспективным направлениям научного и технологического прогресса. Будучи электронным, издание использует широкие возможности интернета: здесь есть и текстовый материал, и многочисленные цветные иллюстрации, и видеофайлы, и гиперссылки. Это призвано пробудить живой интерес читателей к грандиозным достижениям науки и техники, способствовать повышению качества образования.

Издание рассчитано в первую очередь на преподавателей, аспирантов и студентов технических университетов. Оно будет полезно и научным работникам при выборе и планировании наиболее перспективных направлений исследований и разработок. Оно наверняка заинтересует всех, кто хотел бы приобщиться к познанию грандиозных достижений науки и техники.

Оглавление

	Стр.
Введение	4
1. Наночастицы	16
1.1. Нанонауки: возникновение, развитие, взаимодействие.....	17
1.2. Нанохимия и супрамолекулярная химия.....	26
1.3. Виды наночастиц.....	29
1.4. Способы получения наночастиц.....	55
1.5. Методы исследования наночастиц.....	66
1.6. Нанохимия и катализ.....	73
1.7. Органические соединения с функциональными группами в нанохимии.....	79
1.8. Металлы в ультрадисперсном состоянии и нанобъекты на их основе.....	81
Литература к разделу 1.....	90
2. Нанотехнологии	92
2.1. Новые материалы.....	101
2.2. Биология и медицина.....	117
2.3. Новые источники электрического тока.....	129
2.4. Охрана окружающей среды.....	133
2.5. Наноразмерные приборы и устройства.....	139
2.6. Нанoeлектроника и молекулярные компьютеры.....	148

2.7. Нанотехнологии в машиностроении.....	156
2.8. Транспорт будущего.....	172
2.9. Нанотехнологии в строительстве и архитектуре.....	176
2.10. Нанотехнологии в лакокрасочной промышленности.....	180
2.11. Химические аккумуляторы солнечной энергии.....	184
2.12. Средства связи и информации.....	187
2.13. Нанонаука против нанообмана.....	191
Литература к разделу 2.....	193
3. Нанобудущее.....	194
3.1. Нанообщество – продукт интеллектуальной и технологической революции.....	202
3.2. Нанотехнологии в военной технике. Глобальные угрозы и общая ответственность.....	223
3.3. Россия в развивающемся наномире.....	250
Литература к разделу 3.....	262
Перечень использованных сайтов.....	263
Предметный указатель	

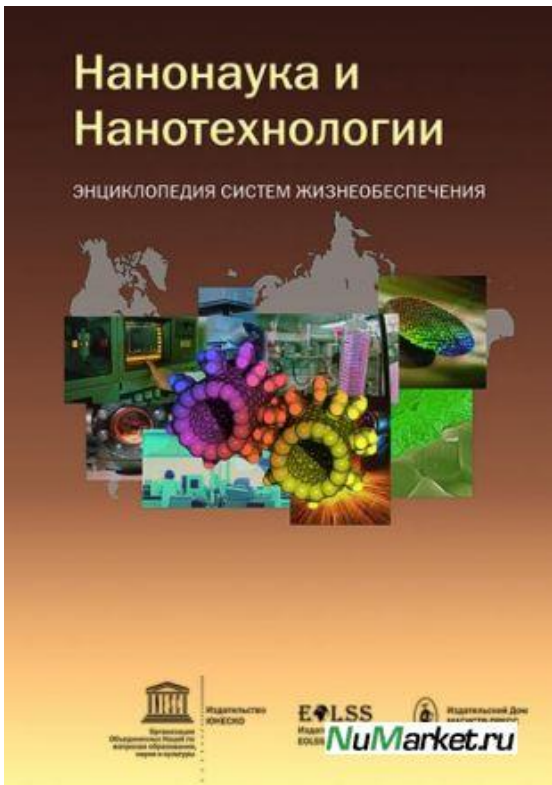
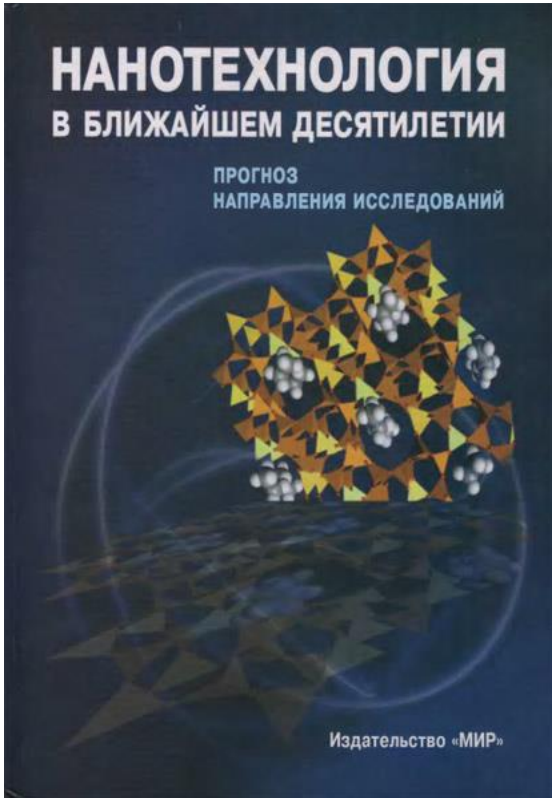
Введение

Последние 15-20 лет ознаменовались бурным развитием новых направлений в науке и технике — нанохимией и нанотехнологией. Предметом изучения и применения здесь стали наноразмерные объекты (нанометр *нм* равен 10^{-9} метра): атомы, молекулы и их ассоциаты, наночастицы, наноматериалы, наноприборы и наноустройства. Возникают новые научные отрасли, такие, как супрамолекулярная химия, нанобиология, наномедицина, нанoeлектроника и т. д. Лидирующее положение в них пока принадлежит США, Англии, Германии, Японии. Но к этим новым направлениям уже подключились отечественные научные школы и заинтересованные предприятия. Создана отечественная корпорация РОСНАНО для финансирования, планирования и координации исследований и разработок в этой перспективной области.

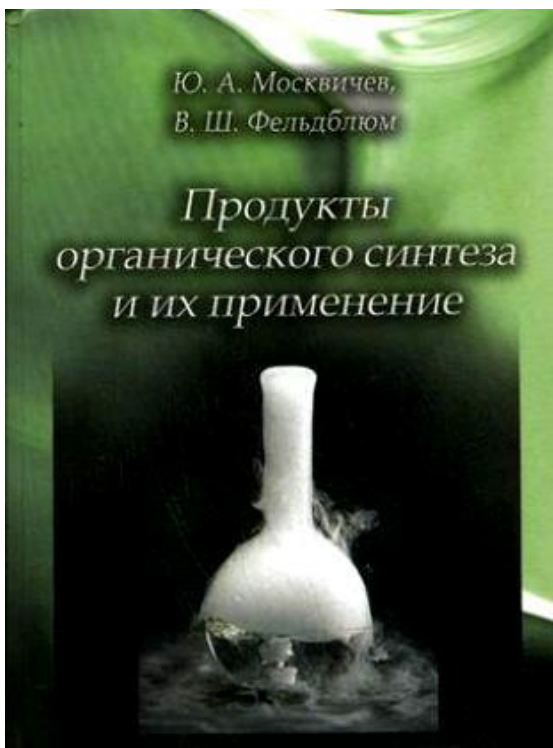
Важно отметить, что рассматриваемые новые направления являются междисциплинарными, т.е. находятся на стыке наук. Это объясняется, во-первых, тем, что получение и исследование столь малых объектов возможно лишь при объединении достижений и методов различных научных дисциплин. Во-вторых, результаты и достижения нанохимии и нанотехнологии являются по сути междисциплинарными. Они используются во многих науках и сферах деятельности людей: в химии, физике, механике, медицине, материаловедении, машиностроении, электронике, оптике и т.д. Успехи нанотехнологии еще раз показывают, какие выдающиеся открытия и технические новшества рождаются на стыке наук.

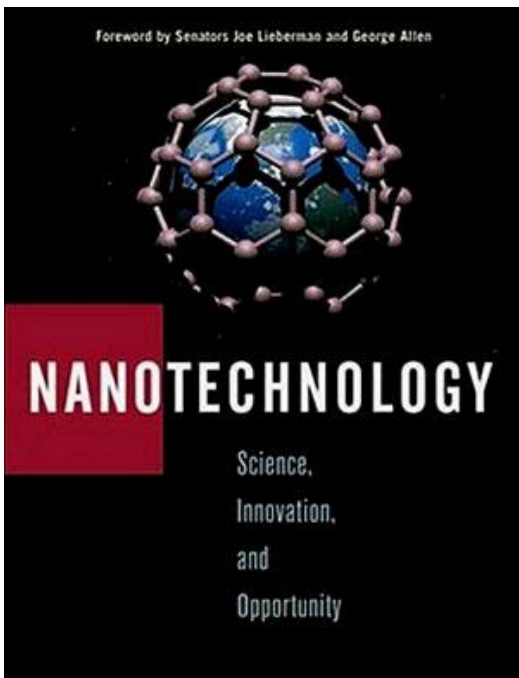
К настоящему времени опубликованы десятки книг, тысячи патентов и научных статей по различным аспектам проблемы «нано». Ниже показаны некоторые книги. При всем многообразии освещения этой интересной и важной проблемы, её междисциплинарный характер отражен недостаточно. Предлагаемая ныне читателям электронная книга имеет целью отчасти восполнить этот пробел и осветить проблему «нано» с разных сторон — естественнонаучной, технической и гуманитарной.

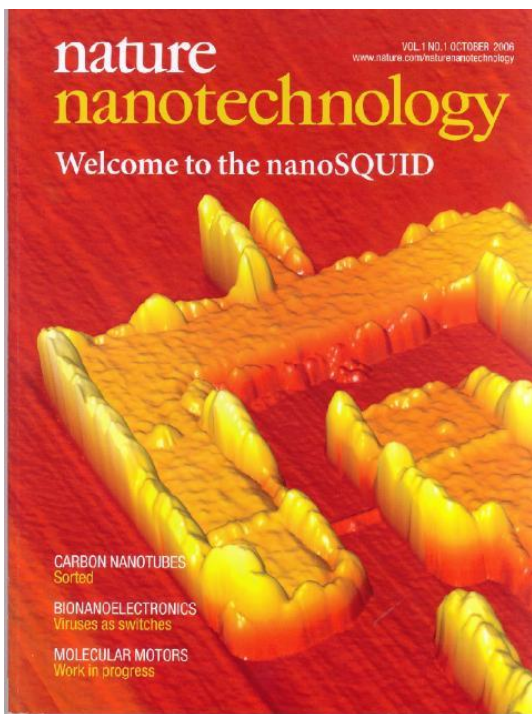
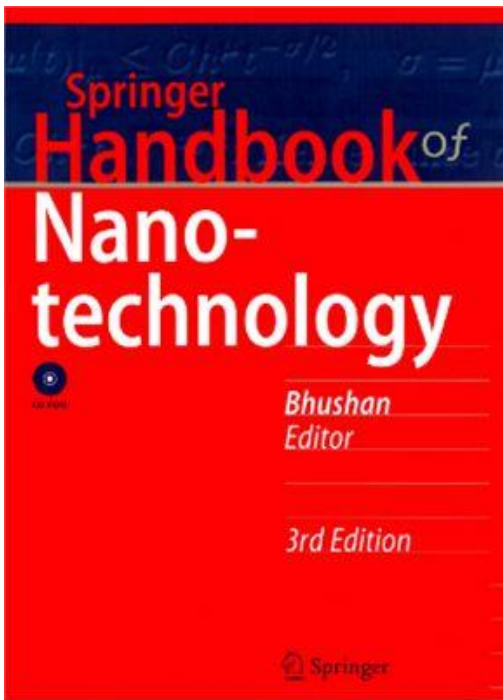


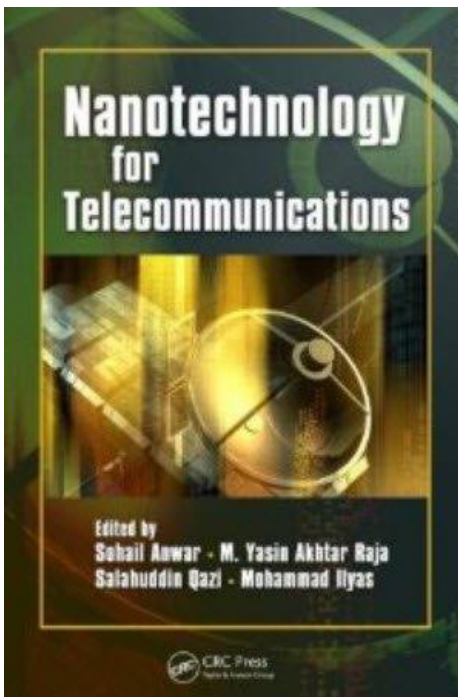
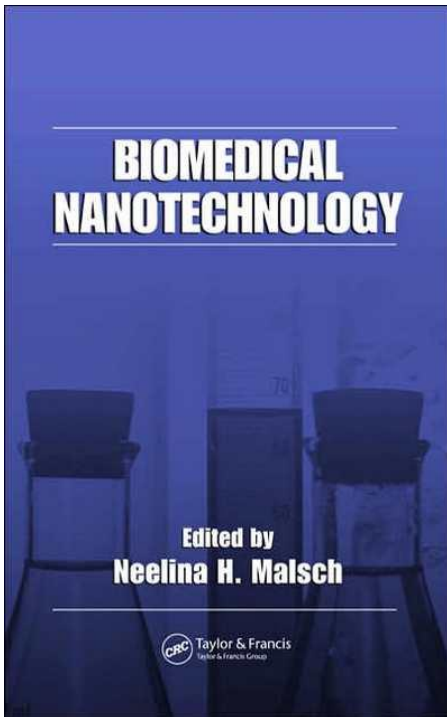


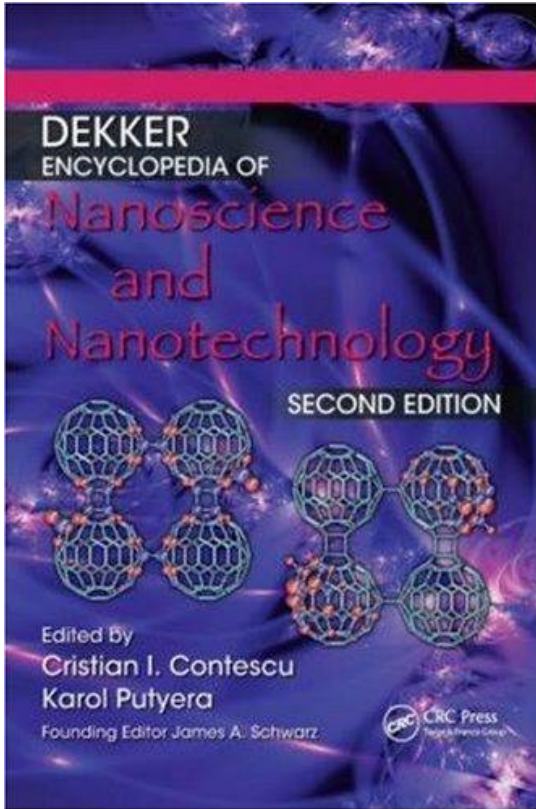












Нанотехнологии - ключевое понятие начала XXI века, символ новой, третьей, научно-технической революции. Это "самые высокие" технологии, на развитие которых ведущие экономические державы тратят сегодня миллиарды долларов. По прогнозам ученых нанотехнологии в XXI веке произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую в XX веке произвели компьютеры в манипулировании информацией. Их развитие открывает большие перспективы при разработке новых материалов, совершенствовании связи, развитии биотехнологии, микроэлектроники, энергетики, здравоохранения и вооружения. Среди наиболее вероятных научных прорывов эксперты называют значительное увеличение производительности компьютеров, восстановление человеческих органов с использованием вновь воссозданной ткани, получение новых материалов, созданных напрямую из заданных атомов и молекул, а также новые открытия в химии и физике.

Нанотехнологии уже так или иначе затрагивают нашу жизнь. Нанопродукты можно обнаружить в автомобилях и в краске на стенах домов. По прогнозам к 2010 году мировой рынок нанопродуктов и услуг вырастет до 1 трлн. долларов. Нанотехнологии качественно отличаются от традиционных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические, технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее: свойства и взаимодействия отдельных атомов и молекул, квантовые эффекты.

В некоторых книгах можно встретить следующее определение: нанотехнология - это совокупность методов производства продуктов с заданной атомарной структурой путем манипулирования атомами и молекулами. В связи с данным определением возникает естественный вопрос: каким же образом можно манипулировать веществом на уровне атомов и молекул? Попробуем разобраться в этом, а так же раскрыть суть наноауки, рассмотреть историю ее развития, выделить объекты ее изучения, методы исследования, и, что самое интересное, понять, как человек реализует огромный потенциал наноауки в повседневной жизни. Наноаука основана на изучении объектов, которые включают компоненты размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате получают принципиально новые качества. Эта отрасль знаний относительно молода и насчитывает не более столетия. Первым ученым, использовавшим измерения в нанометрах, принято считать Альберта Эйнштейна, который в 1905 году теоретически доказал, что размер молекулы сахара равен 1 нм.

Первые теоретические исследования, положившие начало разработке инструментального обеспечения нанотехнологий, - это труды российского физика Г.А. Гамова. в 20-е годы XX века он впервые произвел решения уравнений Шредингера. Уникальное свойство, характерное для квантовых частиц, заключается в их способности проникать через преграду, даже когда их энергия ниже потенциального барьера, соответствующего данной преграде. Электрон, встретив на своем пути преграду, для прохождения которой требуется больше энергии, чем есть у него, не отразится от нее, а с потерей энергии (как волна) преодолет эту преграду. Открытое явление, названное "туннельным эффектом" (туннелированием), позволило объяснить многие экспериментально наблюдавшиеся процессы. В 1939 году немецкие физики Э. Руска и М. Кноль создали электронный микроскоп, ставший прообразом нового поколения устройств, которые позволили заглянуть в мир нанообъектов.

Вообще мысль о том, что в будущем человечество сможет создавать объекты, собирая их "атом за атомом", восходит к знаменитой лекции "Там внизу много места" одного из крупнейших физиков XX века, профессора Калифорнийского технологического института Ричарда Фейнмана. Опубликованные в феврале 1960 года материалы лекции были восприняты большинством современников как фантастика или шутка. Сам же Фейнман говорил, что в будущем, научившись манипулировать отдельными атомами, человечество сможет синтезировать все что угодно, т.е. использовать атомы как обыкновенный строительный материал.

В 1964 году, спустя шесть лет после изобретения интегральной схемы, Г. Мур, один из основателей американской корпорации Intel, выдвинул предположение о том, что число транзисторов на кристалле будет удваиваться каждые два года. Это наблюдение получило название первого закона Мура. Показав зависимость роста производительности запоминающих микросхем от сроков их изготовления, он обнаружил закономерность: новые модели микросхем каждый раз появлялись через приблизительно равные промежутки времени (18-24 месяца). При этом их емкость возрастала каждый раз примерно вдвое.

В 1968 году сотрудники американского отделения исследования полупроводников Дж. Артур и А. Чо разработали теоретические основы нанопереработки поверхностей. В 1973 году советские ученые Д.А. Бочвар и Е.Г. Гальперн сделали первые теоретические квантово-химические расчеты наномолекулы фуллерена и доказали ее стабильность. Мировая наука вплотную подошла к началу решения прикладных задач в области нанотехнологий.

Современный вид идеи нанотехнологии начали приобретать в 80-е годы XX века в результате исследований Э. Дрекслера, работавшего в лаборатории

искусственного интеллекта Массачусетского технологического института. Дрекслер выдвинул концепцию универсальных молекулярных роботов, работающих по заданной программе и собирающих любые объекты (в том числе и себе подобные) из подручных молекул. Все это также сначала воспринималось как научная фантастика. Ученый уже тогда довольно точно предсказал немало грядущих достижений нанотехнологии, которые с 1989 года сбываются, причем часто со значительным опережением даже его прогнозов.

Многие ученые в мире в той или иной степени работали с объектами наноуровня, но термин "нанотехнология" впервые (в 1974 году) предложил японский физик Н. Танигучи из Токийского университета. Нанотехнология, по Н. Танигучи, - это технология объектов, размеры которых составляют порядка 10^{-9} м, включающая процесс разделения, сборки и изменения материалов путем воздействия на них одним атомом или одной молекулой.

Накопленные знания в области нанотехнологий позволили по-новому взглянуть на ряд уникальных природных явлений. Так, в 1975 году немецкие ботаники В. Бартлотт и К. Найнуйс обнаружили и запатентовали явление самоочистки поверхностей некоторых растений, а также тот факт, что этот феномен протекает в наноструктурированных поверхностных областях.

Исследования по совершенствованию инструментального обеспечения нанотехнологий вышли на новый уровень. Весной 1981 года немецкие физики К. Бинниг и Э. Руска, а также швейцарец Г. Рорер из Цюрихской лаборатории компании IBM испытали туннельный микроскоп. Сканирующий туннельный микроскоп позволил построить трехмерную картину расположения атомов на поверхностях проводящих материалов. С помощью такого микроскопа стало возможным "захватить" атом с токопроводящей поверхности и поместить его в нужное место, то есть манипулировать атомами, а следовательно, непосредственно собирать из них любое вещество.

В 1985 году коллектив ученых в составе английского астрофизика, Г. Крото, американских химиков Р. Керла, Д. Хита и Ш. О'Брайена под руководством Р. Смолли получил новый класс соединений - фуллерены - и исследовал их свойства. В результате взрыва графитовой мишени лазерным пучком и исследования спектров паров графита была обнаружена молекула фуллерена C_{60} . Грани 60-атомного фуллерена - это 20 почти идеальных правильных шестиугольников и 12 пятиугольников. Позднее удалось получить фуллерены из 76, 78, 84, 90 и даже из нескольких сотен атомов углерода. Ученые также впервые сумели измерить объект размером 1 нм. В 1986 году Г. Бинниг разработал сканирующий атомно-силовой микроскоп. Такой микроскоп, в отличие от туннельного, может взаимодействовать с любыми объектами, а не только с токопроводящими материалами. Своего рода сенсацию в сентябре 1989 года совершили американские исследователи

Д. Эйглер и Э. Швейцер из Калифорнийского научного центра компании IBM. С помощью 35 атомов ксенона на очищенной в сверхвысоком вакууме и охлажденной до 4 К поверхности монокристалла никеля они выложили название своей фирмы.

В 1991 году японский исследователь С. Ииджима из компании NEC открыл углеродные нанотрубки. В 1992 году Э. Дрекслер на научном уровне рассмотрел задачи практического применения молекулярных нанотехнологий в новом научно-практическом направлении, которое следует назвать "практическая нанотехнология". Это дало мощный толчок к началу применения нанотехнологических методов в промышленности. В 1994 году стали появляться первые коммерческие материалы на основе наночастиц - нанопорошки, нанопокрyтия, нанохимические препараты и т.д. Началось бурное развитие прикладной нанотехнологии. В 2004 году С. Деккер соединил углеродную трубку с ДНК, впервые получив единый наномеханизм и открыв дорогу развитию бионанотехнологиям.

Стремительное развитие нанотехнологий вызвано еще и потребностями общества в быстрой переработке огромных массивов информации. Современные кремниевые чипы могут при всевозможных технических усовершенствованиях уменьшаться ещё примерно до 2012 года. Но при ширине дорожки в 40-50 нм возрастут квантовомеханические помехи, что равнозначно короткому замыканию. Выходом могли бы послужить наночипы, в которых вместо кремния используются различные углеродные соединения размером в несколько нанометров. В настоящее время ведутся самые интенсивные разработки в этом направлении.

Настоящее междисциплинарное электронное издание является одновременно и научно-популярной монографией, и своего рода путеводителем, и методическим пособием. Оно предназначено для учителей и учащихся старших классов школ, преподавателей и студентов высших учебных заведений. Задача книги в том, чтобы привлечь внимание читателей к этой динамично развивающейся области науки и техники, пробудить интерес к ней, дать основы знаний, стимулировать междисциплинарные научные исследования, показать плодотворность взаимодействия различных научных дисциплин для решения актуальных проблем в естественнонаучной и гуманитарной сферах.

В работе над этим изданием большую помощь оказали моя жена Татьяна Викторовна Коновалова, инженер, кандидат технических наук, и мой сын Евгений Владиславович Коновалов, доцент Ярославского государственного университета, кандидат физико-математических наук. Выражаю им сердечную признательность и благодарность.

1. Наночастицы

1.1. Нанонауки: возникновение, развитие, взаимодействие

В узком смысле слова термин «нанонаука» - это наука о наноразмерных объектах. Она изучает создание и модифицирование объектов, которые включают фрагменты размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате приобретают принципиально новые качества. Эта отрасль знания относительно молода. Но с самого начала стало ясно, что свойства нанообъектов могут быть успешно изучены только совместными усилиями различных наук. Иными словами, нанонаука – это типичное междисциплинарное направление в изучении материального мира. Со временем к названию соответствующих наук стали добавлять «нано». Так возникли нанохимия, нанофизика, нанобиология и т.д. Каждая из них исследует соответствующие особенности нанообъектов, а вместе они позволяют охарактеризовать нанообъект в целом. Это напоминает хорошо известную ситуацию, когда кардиология, офтальмология, ревматология и пр. - это науки о лечении различных органов человеческого организма, а объединение их усилий даёт нам медицину для лечения всего больного организма.

Практическое применение достижений нанонаук породило разнообразные «нанотехнологии» и «нанопродукты». Так возникли термины типа «наномеханика», «нанометаллургия», «наноэлектроника» и т.д. Среди продуктов этих нанотехнологий – «нанопорошки», «нанокраски», «нанокomпьютеры», «нанороботы» и т.п. К сожалению, со временем стала проявляться негативная тенденция к злоупотреблению термином «нано» и даже к имитации реальных понятий нанотехнологии. Но особенно сетовать по этому поводу не приходится: это удел всех отраслей научного знания, когда вместо истинной науки доверчивому обществу время от времени преподносят лженаучные поделки. Время постепенно лечит этот недуг, учит людей отличать зёрна от плевел.

Но на этом обобщение термина «нано» не заканчивается. В настоящее время совершенно ясно (и это мы постараемся показать в настоящей книге), что развитие и применение нанотехнологий неизбежно приведёт к коренным изменениям в жизни каждого человека и всего общества. В сущности, приходится говорить о неминуемом возникновении новых общественных отношений, которые откроют возможность мирного сосуществования и сотрудничества людей и народов в будущую эпоху – «наноэпоху». Так появилось употребление термина «нано» применительно к гуманитарным наукам. Стали говорить о «нанобудущем», «наномире», «нанообществе». Конечно, здесь термин «нано» употребляется не по прямому назначению. Слишком педантичный читатель с раздражением спросит: что, собственно,

такое - «наномир»? Это что, такой мир, в котором будут жить одни только крохотные нанообъекты? Но такого мира не может быть, скажет он. И будет прав! Речь, конечно, идёт о будущем новом мире, в котором будут жить люди. Но это будут уже другие люди. Это будут люди, вооружённые фантастическими возможностями нанотехнологий. И от общественных отношений между этими людьми будет зависеть судьба этого мира и этих людей. Они станут процветать, если будут использовать свои новые возможности для мирного сосуществования и плодотворного сотрудничества. Но они неминуемо погибнут в пламени самоистребления, если будут использовать свои новые возможности для проявления агрессии и вражды. Именно ввиду важности этих гуманитарных аспектов нанонауки и применяется соответствующая терминология.

Вернёмся к первоначальному точному понятию о нанонауке. Начать, по-видимому, следует с нанофизики. Точнее, с тех её достижений, которые позволили человеку рассмотреть ничтожно малые детали материального мира. Первым, кто использовал измерения физических величин в нанометрах (*нм*), был Альберт Эйнштейн. Он в 1905 году теоретически доказал, что размер молекулы сахара равен одному нанометру. Идея создания специальных приборов для изучения наноразмерных объектов принадлежит американскому учёному сербского происхождения Николе Тесла. Он спрогнозировал создание электронного микроскопа. В 1932 году голландский учёный Фриц Цернике создал первый фазово-контрастный микроскоп, за что в 1939 году получил Нобелевскую премию. Это был усовершенствованный оптический микроскоп, который позволял улучшить качество показа мельчайших деталей изображения. В 1939 году немецкие физики Эрнст Август Руска и Макс Кноль создали электронный микроскоп с разрешающей способностью около 10 *нм*.

Гениальный прогноз будущего триумфа нанонауки и нанотехнологии сделал в декабре 1959 года профессор Калифорнийского технологического института (США), лауреат Нобелевской премии, Ричард Фейнман. Этот прогноз содержался в его знаменитой лекции «*There is plenty of space on the bottom*» («Там, внизу, много места!»). Ниже приведен видеофильм этой лекции. Здесь можно увидеть и услышать «живого» Фейнмана. Ну а те, кто хорошо владеет разговорным английским, имеют возможность прослушать лекцию целиком (продолжительность лекции примерно 1 час 20 минут):

<http://www.youtube.com/watch?v=4eRCygdW--c>

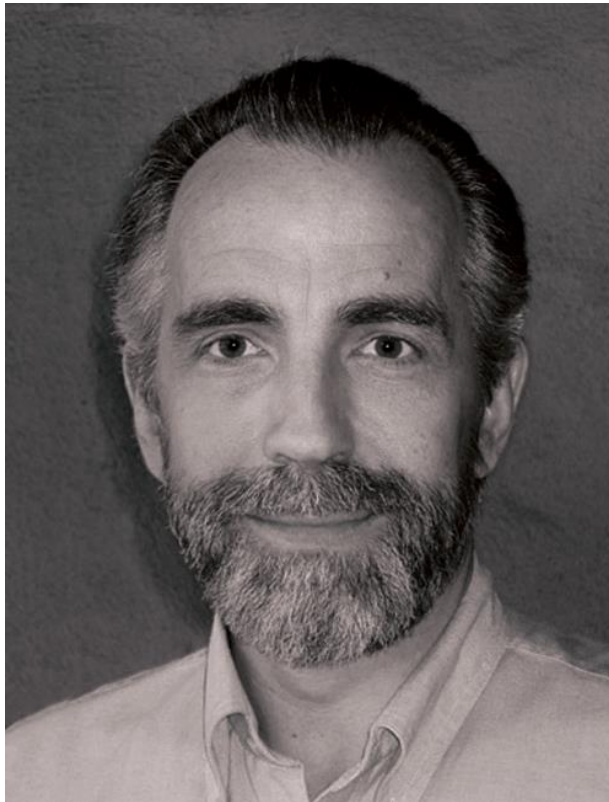
Главная мысль Фейнмана была в том, что в будущем станет возможно не только рассматривать мельчайшие частицы в мощные микроскопы, но и манипулировать ими, собирать новые объекты последовательно «молекула за молекулой» и даже «атом за атомом». Большинство восприняло это

утверждение как шутку или в лучшем случае как фантастику далёкого будущего. Тем более, что Фейнман утверждал: атомы можно будет использовать как обыкновенный строительный материал, как кирпичи или детали машин! Но «фантастика» стала явью гораздо раньше, чем думали даже убеждённые оптимисты.

Нанотехнологии начали зарождаться в 80-е годы минувшего столетия. Одним из основоположников является американский учёный Ким Эрик Дрекслер. Он работал в лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института (США). Большую роль сыграла его концепция универсальных молекулярных роботов, способных работать по заранее заданной программе и собирать любые объекты из молекул. Это тоже было воспринято как несбыточная фантастика. Но прогноз Дрекслера оказался довольно точным: в конце 80-х и начале 90-х годов его идеи начали сбываться.



Ричард Филлипс Фейнман



Ким Эрик Дрекслер

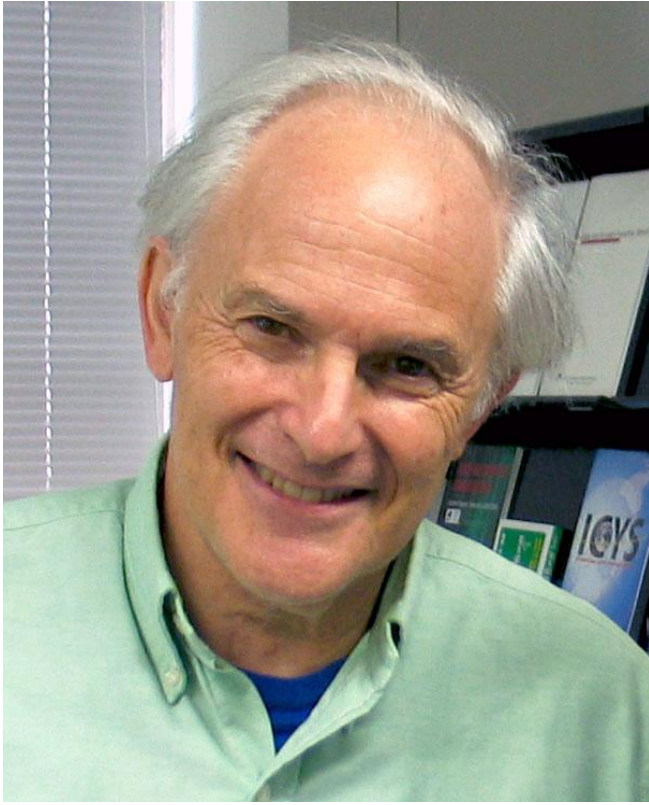
В 1981 году в Германии физики Герд Карл Бинниг и Эрик Руска, а также в Швейцарии Гейнрих Рёер впервые испытали сканирующий туннельный микроскоп. За это они в 1986 году были удостоены Нобелевской премии. Этот прибор позволил построить трёхмерную картину расположения атомов на поверхности материала-проводника. С помощью движущейся иглы микроскопа над поверхностью кристалла оказалось возможным измерить неровности высотой в один атом. Более того, стало возможным «захватить» атом с токопроводящей поверхности и переместить его в нужное место. Это положило начало технике манипулирования атомами для сборки нужных структур. В 1986 году Г.Бинниг из Германии разработал сканирующий атомно-силовой микроскоп (АСМ), позволяющий «рассматривать» любые объекты, над которыми движется игла датчика.

Важным этапом в развитии нанохимии стало открытие фуллерена. Оно было сделано в 1985 году коллективом учёных. В него входили английский астрофизик и химик Гарольд Крото, американские химики Роберт Керл, Джеймс Хит, Шон О'Брайен и группа в университете Раиса (США) под руководством Ричарда Смолли. Инициатором работы был Крото. Первый способ искусственного получения твёрдого кристаллического фуллерена предложили в 1990 году Вольфганг Кречмер и Давид Хаффман с сотрудниками в Институте Ядерной физики Гейдельберга (Германия). За открытие и исследование фуллерена была присуждена Нобелевская премия в 1996 году.

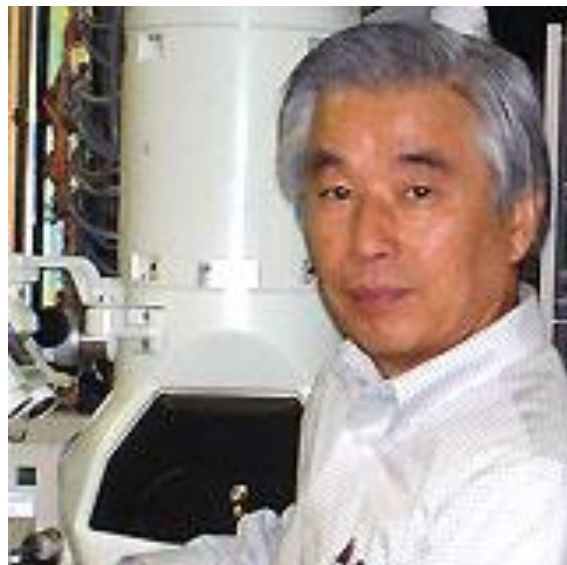
Примерно в это же время вошёл в употребление термин «нанотехнология». Это произошло вскоре после опубликования в 1986 году основополагающей книги К.Э.Дрекслера «*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*» («Машина созидания: наступающая эра

нанотехнологий»). В своей следующей известной книге «*Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation*» («Наносистемы. Молекулярные механизмы, производство и программирование»), вышедшей в свет в 1992 году, К. Э. Дрекслер на высоком научном уровне рассмотрел проблемы практического применения нанотехнологий. Эти и другие исследования дали мощный толчок к началу применения нанотехнологических методов в промышленности. В 1994 году стали появляться первые коммерческие материалы на основе наночастиц — нанопорошки, нанопокрyтия, нанохимические препараты и т.д.

Забегаю вперёд, отметим в связи с этим сенсационный результат, который сравнительно недавно продемонстрировали учёные Израильского технологического института. Они в 2008 году, в честь 60-летия существования государства Израиль, создали Библию в виде «нанокниги». Содержание Ветхого Завета было нанесено на кремниевую подложку размером 0,5 мм² (меньше булавочной головки). Текст был напечатан с использованием фокусированного ионного пучка, который вытравил с помощью ионов галлия узор на золотой плёнке толщиной 200 нм, покрывавшей кремниевую подложку. Прочитать такую Библию можно только с помощью сканирующего электронного микроскопа. Действительно впечатляющее событие, демонстрирующее интересные возможности нанотехнологии, о которых ещё совсем недавно можно было только мечтать! Важным этапом развития нанохимии стало и открытие в 1991 году углеродных нанотрубок. Автором открытия является японский учёный Сумио Иидзима. О фуллеренах и нанотрубках ещё пойдёт речь.



Гарольд Крото



Сумио Иидзима

В 1991 году началась разработка первой программы Национального научного фонда США по изучению проблем нанотехнологии. Аналогичную программу разрабатывали в Японии по поручению правительства. Была намечена серия проектов, направленных на создание наноразмерных приборов и устройств. Самым значительным из них стал проект Angstrom Technology Project с объемом финансирования 185 млн долларов. Он был рассчитан на 10 лет, и в его реализации участвовали 80 фирм. Была проведена реорганизация четырех министерских лабораторий в исследовательском центре «Цукуба», а также создан новый междисциплинарный центр по исследованиям в данной области. Во Франции открылся клуб нанотехнологов, объединявший ученых и промышленников различных отраслей. В Англии начали издаваться первые специализированные журналы «Нанотехнология» и «Нанобиология». В 1997 году в Англии был организован первый в Европе Институт наноструктурных материалов. Во многих институтах мира (США, Германия, Япония, Англия, Франция, Италия, Швейцария, Израиль и др.) создавались специализированные лаборатории и отделы по нанонаукам и нанотехнологиям.

Развитие исследований в области нанонаук, наноматериалов и нанотехнологий активно поддерживается правительством США. Ещё администрацией Билла Клинтона была предложена национальная программа развития нанотехнологий с целью поддержки долгосрочных исследований и разработок, ведущих к значительным открытиям в области новых наноматериалов, нанoeлектроники, медицины и здравоохранения, энергетики, химической промышленности, биотехнологий, сельского хозяйства, информационных технологий и национальной безопасности. С 2001 года в США реализуется федеральная программа под названием «*National Nanotechnology Initiative*» («Национальная нанотехнологическая инициатива»). В бюджете США на данное направление было выделено 270 млн долларов, при этом коммерческими компаниями в него вложено во много раз больше средств. Программа предназначена для координации усилий 23 государственных организаций-участников в области развития нанонауки, наноинженерии и нано-технологии. Данная программа была одобрена Конгрессом США в ноябре 2000 года, причём в том же году реальное финансирование значительно превысило запланированные расходы.

С 2003 года в США действует закон «*21st Century Nanotechnology Research and Development Act*» («Об исследовании и развитии нанотехнологий в XXI веке»). Закон направлен на закрепление американского лидерства в области экономики и техники путем обеспечения устойчивой долгосрочной поддержки теоретических и прикладных научных исследований. Согласно этому документу пять государственных организаций получили от государства для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области нанотехнологий финансирование в размере 3,7 млрд. долларов сроком на четыре года. Среди этих организаций такие стратегически важные ведомства как Национальный научный фонд, Министерство энергетики, Национальный институт стандартов и технологий, Национальное аэрокосмическое агентство (*NASA*), Управление по охране окружающей среды. В эту сумму не вошли инвестиции, вкладываемые Министерством обороны США, Министерством национальной безопасности и Национальным институтом здравоохранения.

В Европе для планирования и координации нанотехнологических разработок в 2002 году создана некоммерческая «Европейская ассоциация нанобизнеса» (*ENA*). Её цель – содействие развитию сильной и конкурентоспособной европейской промышленности, базирующейся на применении нанотехнологий. Государственная поддержка нанотехнологий в европейских странах, по данным за 2004 год, составила около 1,3 млрд долларов. Общемировые расходы государственных структур и частных компаний на развитие нанотехнологий достигли в 2003 году 6 млрд. долларов, из которых 2 млрд составляло государственное финансирование. В 2004 году эти расходы выросли до 8,6 и 4,0 млрд долларов соответственно. При этом рынок нанотехнологий к 2005 году достиг 225 млрд долларов.

В России фундаментальные работы в сфере нанонауки и нанотехнологий проводятся по нескольким программам. Наиболее крупные из них — «Физика наноструктур» под руководством лауреата Нобелевской премии академика Ж.И.Алферова и «Перспективные технологии и устройства в микро- и наноэлектронике» под руководством академика К.А.Валиева. В Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе под руководством Ж.И.Алферова осуществляются разработки наногетероструктур, получившие международное признание. Значительные результаты нанотехнологических исследований достигнуты в Институте проблем технологии и макроэлектроники РАН под руководством члена-корреспондента РАН В.В. Аристова, а также в Физическом институте имени П. Н. Лебедева РАН под руководством члена-корреспондента РАН Ю.В.Копаева. Для развития и координации работ в этой области в Российской академии наук создано новое подразделение — Отделение нанотехнологий и информационных технологий. Академиком-секретарем отделения стал член президиума РАН, академик Е.П.Велихов, а его заместителем — академик РАН Ж.И. Алферов. Постановлением Правительства РФ от 2 августа 2007 г. утверждена

Федеральная целевая программа «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008—2010 годы». Цель данной программы — создание в России современной инфраструктуры национальной нанотехнологической сети для развития и реализации потенциала отечественной наноиндустрии.

Для содействия реализации государственной политики в сфере нанотехнологии, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и наноиндустрии, в соответствии с Федеральным законом от 19 июля 2007 г. № 139-ФЗ создана Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (ГК «Роснано» или «РОСНАНО»). В ее уставный капитал государством направлены огромные для российской науки средства - 130 млрд рублей, а еще 50 млрд поручено привлечь на открытых конкурсах. Корпорация является некоммерческой организацией. В настоящее время её руководителем является Анатолий Борисович Чубайс. О деятельности «РОСНАНО» и её проектах будет идти речь в следующей главе.

1.2. Нанохимия и супрамолекулярная химия



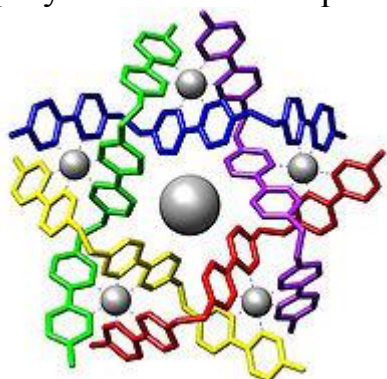
Лауреат Нобелевской премии, французский химик профессор Жан-Мари Лен (Jean-Marie Lehn). Один из основоположников супрамолекулярной химии. Основные направления исследований ученого — органический синтез и химия комплексных соединений. В 1987 г. Жан-Мари Лен получил Нобелевскую премию «за разработку и применение молекул со структурно-специфическими взаимодействиями с высокой селективностью» (совместно с Ч. Дж. Педерсеном и Д. Дж. Крамом). На протяжении нескольких лет Жан-Мари Лен работал в качестве приглашенного профессора в Федеральном технологическом институте в Цюрихе, университетах Кембриджа, Барселоны и Франкфурта. С 1979 г. профессор Коллеж де Франс, член Высшего совета по науке и технологии Франции. Исследователь награжден медалью Дэви Королевского общества (1997) и другими наградами.

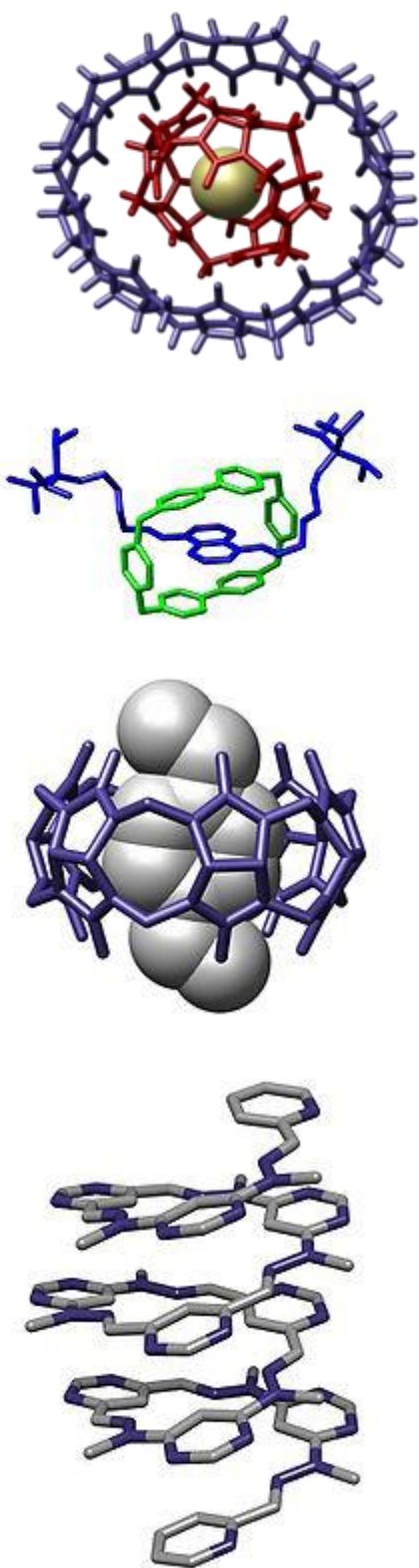


Книга Жана-Мари Лена "Супрамолекулярная химия". – Новосибирск, Издательство «Наука», 1998. – 334 с.

(Перевод монографии, написанной лауреатом Нобелевской премии по химии, основателем направления в науке, которое получило название "супрамолекулярная химия", автором понятий "самосборка", "молекулярное распознавание" и других, фундаментальных для нанотехнологии. Книга представляет собой своего рода введение в супрамолекулярную химию, снабженное представительной на момент издания библиографией).

Ниже показаны некоторые супрамолекулярные структуры, полученные в результате «самосборки» наночастиц.



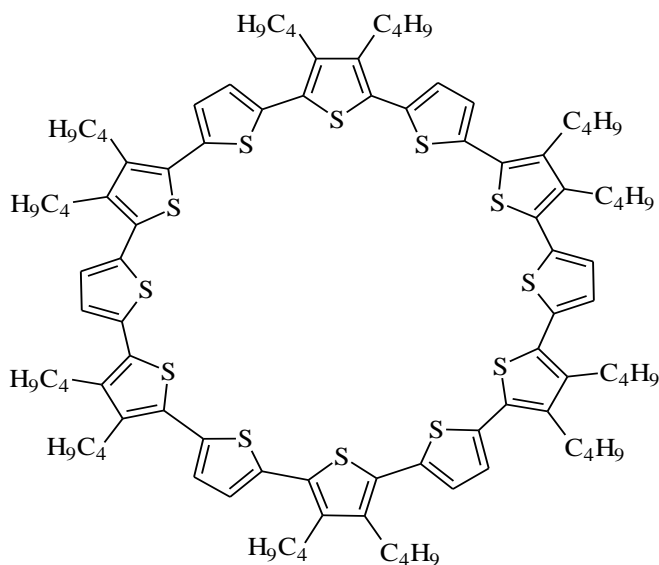


1.3. Виды наночастиц

В широкой трактовке к наночастицам можно отнести следующие наноразмерные объекты: крупные молекулы органических

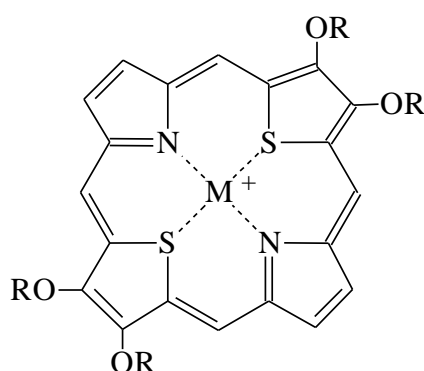
макроциклических соединений; нековалентные макроциклические структуры (катенаны, ротаксаны, узлы); молекулы полимеров и дендримеров; фуллерены, нанотрубки, наносферы, наноцилиндры, нановолокна, нанопроволоки, нанодиски, нанолуковицы и т.п.; недавно открытый графен, лежащий в основе строения углеродных наночастиц; всевозможные комбинации из нанотрубок, фуллеренов и других наночастиц; ансамбли из наночастиц.

Органические макроциклы. Такие циклические молекулы содержат большое количество звеньев. Например, в 1982-1987 г.г. методом ступенчатого синтеза были получены олигометиленовые циклы $(CH_2)_n$, где величина n доходила почти до 300 единиц. За этим последовали синтезы многих других, более сложных макроциклов [1]. Среди них – полифениленовые, полиацетиленовые, порфириновые, олиготиофеновые, краун-эфирные и другие макроциклы. В качестве примера на рисунке показан олиготиофеновый макроцикл. Он был впервые описан Крёмером и Фурманом с сотрудниками [2] и интересен для получения синтетических металлов и молекулярных устройств на их основе.



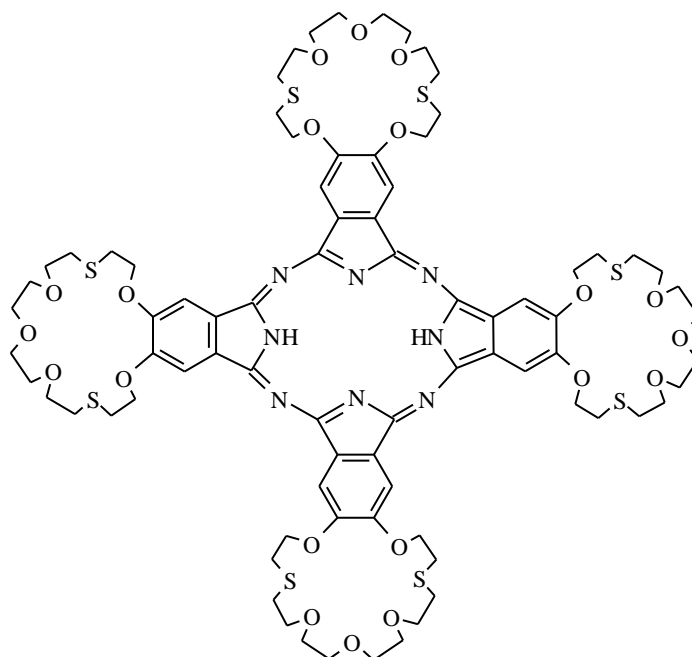
Олиготиофеновый макроцикл

На химическом факультете технологического института в Бомбее (Индия) синтезированы многие тиопорфириновые циклы [3]. Такие тиопорфирины интересны в качестве полидентатных лигандов для ионов металлов в комплексах типа «хозяин-гость», о которых ещё будет идти речь. Комплексы такого типа представляют большой практический интерес. Они находят применение при выделении ионов металлов из гидрометаллургических растворов, при химической очистке сточных вод, при химическом анализе металлов и т.д.



Тиопорфирин, координированный с ионом металла

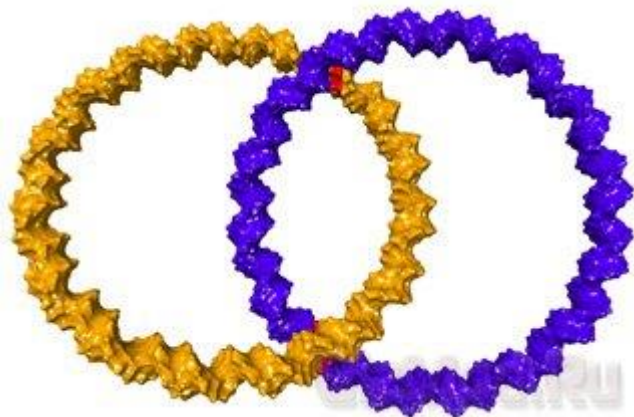
Синтезированы и более сложные циклические молекулы. Например, получены новые фталоцианины, периферийно конденсированные с четырьмя 21-членными дитиакраун-эфирными макроциклами [4].



Фталоцианин, конденсированный с дитиакраун-эфирами

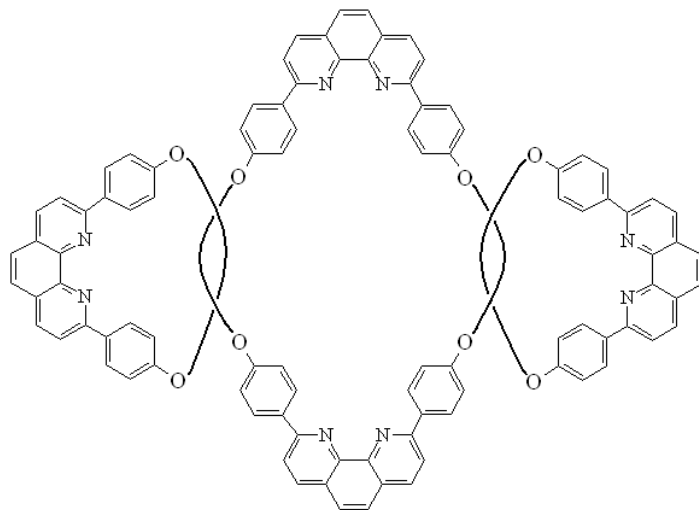
Такие молекулы способны «захватывать» путём координации сразу несколько ионов металлов или несколько нейтральных молекул, способных образовывать водородные связи. В зарубежной литературе получило распространение образное название таких комплексов *host-guest* («хозяин-гость»). «Гостем» является центральный ион или нейтральная молекула, а «хозяином» - макроциклический лиганд. Показанная выше фталоцианиновая структура является полидентатным лигандом, способным к многократной координации. Такие сложные макроциклические нанообъекты и их комплексы моделируют природные структуры. В частности, они используются в качестве моделей для исследования процессов фотосинтеза.

Катенаны и родственные структуры. К настоящему времени синтезированы очень интересные нековалентные макроциклические структуры – катенаны, ротаксаны, узлы. В этих сложных молекулах может не быть химической связи между фрагментами: эти фрагменты могут быть связаны чисто механически. Например, в катенанах фрагменты сцеплены между собой подобно звеньям в цепи. Такие химические цепные структуры иногда содержат много циклических звеньев, прядетых друг в друга.

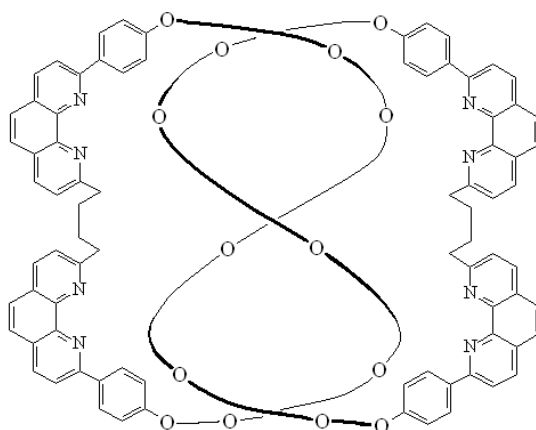


катенан

На следующем рисунке в качестве примера показана формула двойного катенана:



В других структурах (узлах) фрагменты макроциклической молекулы оказываются механически «скрученными», как показано на рисунке.



Ещё один пример – ротаксаны. В этих структурах линейный фрагмент с объёмными функциональными группами на концах («гантель») продет сквозь макроцикл («кольцо»). Функциональные группы большого объёма не

позволяют гантели выскользнуть из кольца. Такие наночастицы являются предметом особенно пристального изучения в супрамолекулярной химии ввиду их большого практического значения.

Дендримеры. Больших успехов достигла и химия высокомолекулярных соединений. Наряду с обычными полимерами линейного и разветвлённого строения, получены высокомолекулярные соединения нетрадиционного типа – дендримеры, а также продукты их дальнейшей полимеризации – дендритные полимеры. Дендример по внешнему виду напоминает крону дерева, вырастающего из одного корня (англ. *dendritic* – древовидный). В молекуле дендримера присутствует реакционный центр (корень), от которого отходят всё более разветвляющиеся молекулярные цепочки (ветви или дендроны). Синтез дендримера осуществляют постадийно.

Синтез осуществляется из одного реакционного центра путём ступенчатого наращивания разветвлённых цепочек с концевыми функциональными группами. В итоге, через ряд стадий роста, может быть получена молекула дендримера с любой степенью разветвлённости. Если разветвлённость достаточно большая, то такая частица становится похожей

на ворсистый шарик или клубок. Именно так построены очень сложные молекулы многих белков и белковых микроорганизмов. На рисунке показана в качестве примера упрощенная схема вируса.



Модель вируса

Первые дендримеры были синтезированы в 1985 году в США, почти одновременно в лабораториях профессора Мичиганского университета

Дональда Томалья [5] и профессора университета штата Луизиана Г.Р.Ньюкома [6]. Из многих известных к настоящему времени дендримеров на схеме показано строение тиофенового дендримера. Тиофеновый дендример синтезирован на химическом факультете университета Алабамы в Бирмингеме (США) [7]. Он интересен для получения комплексов металлов, органических проводников электрического тока и других перспективных объектов нанохимии и нанотехнологии. Более подробные сведения о дендримерах можно почерпнуть из обзоров, опубликованных профессором Мейджером с сотрудниками из Технологического института в Эйндховене (Нидерланды) [8] и профессорами Томалья и Фрехе [9].



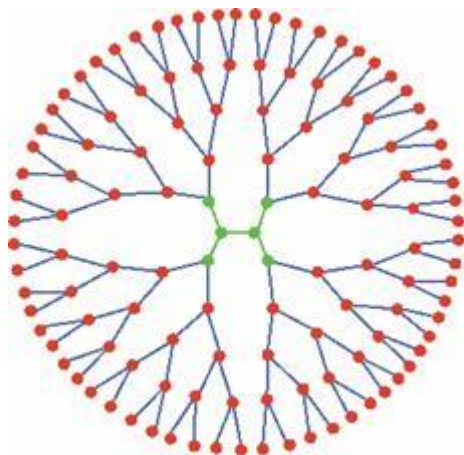
Дональд Томалья

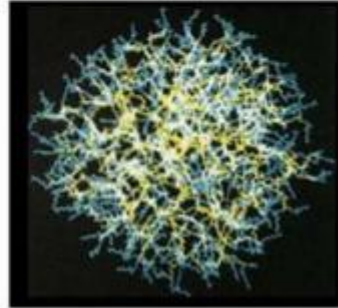
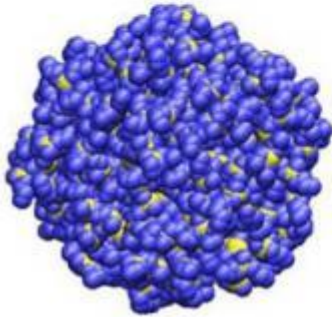
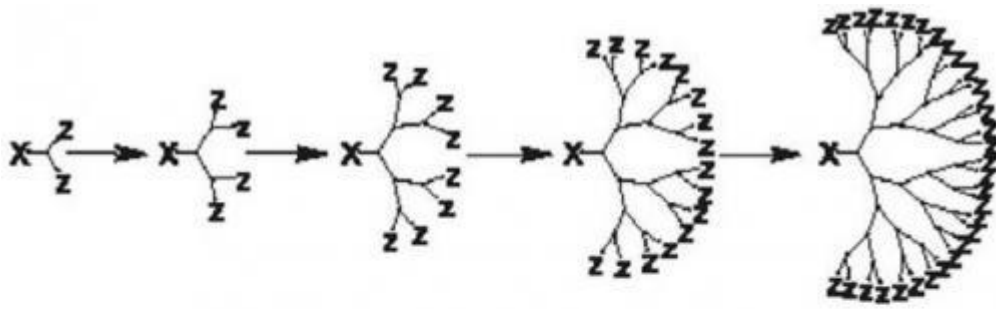


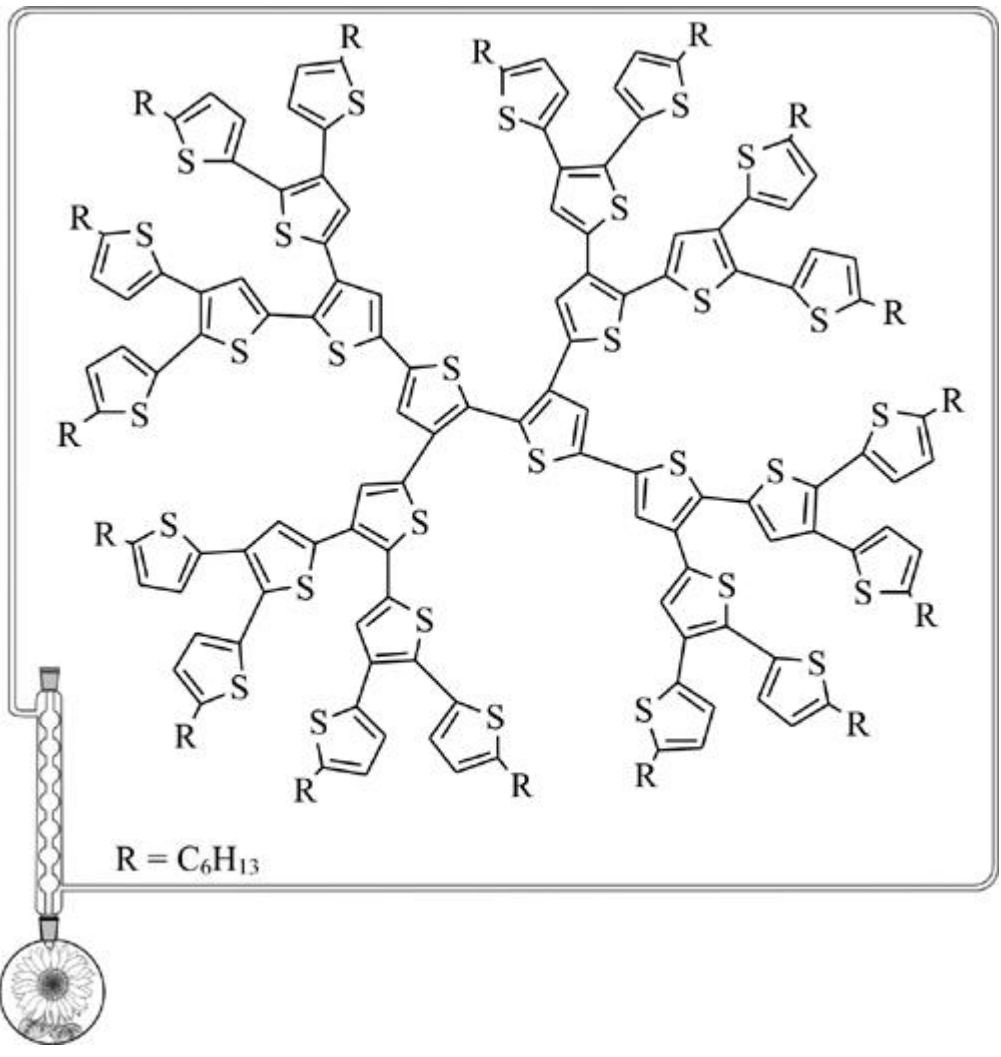
Жан Фрехе

В 2003 году описано получение дендритных звездообразных полимеров путём метатезисной полимеризации циклоолефинов [10]. (О циклоолефинах имеется монография: Фельдблюм В.Ш. Синтез и применение непредельных циклических углеводородов. – М., Химия, 1982; о метатезисной полимеризации циклоолефинов с раскрытием цикла опубликована статья: Маковецкий К.Л. Химическая энциклопедия, том 3, 1992 г., стр. 56).

Ниже показаны еще некоторые примеры синтеза и строения дендримеров.



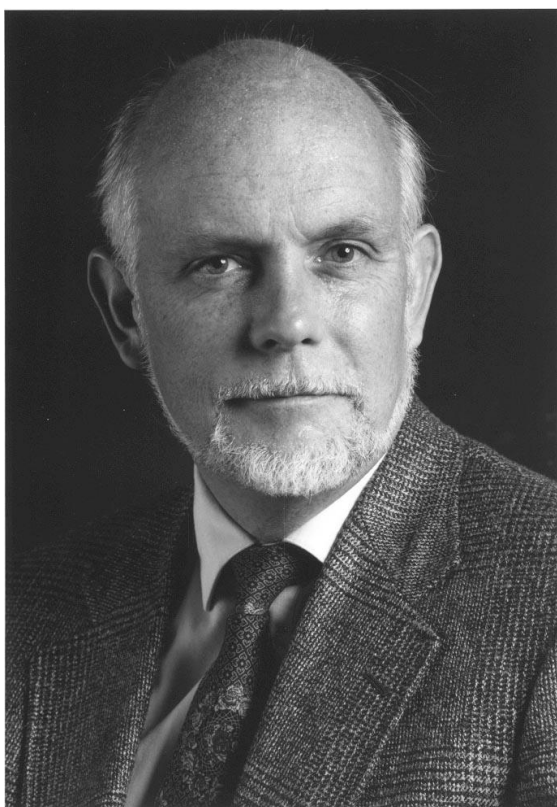




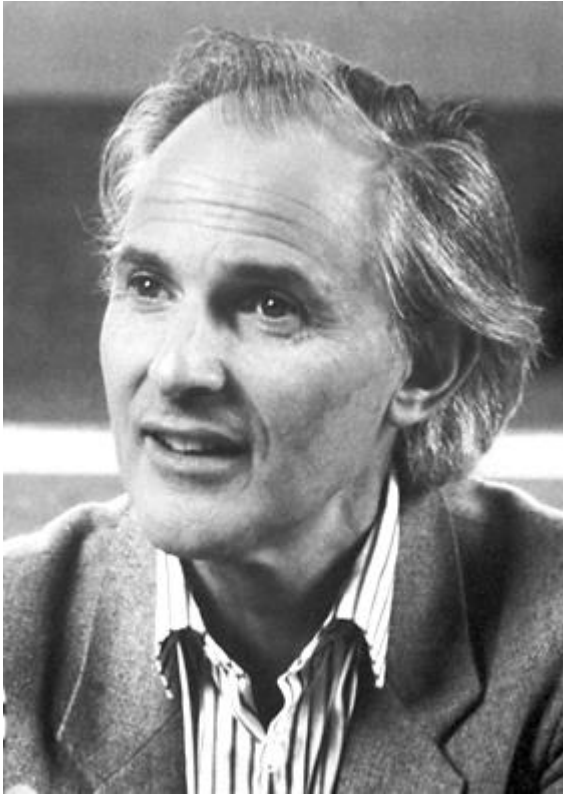
(дендример из тиофена)

Фуллерены. Большим достижением нанохимии стало открытие фуллерена, который является ещё одним аллотропным видоизменением углерода (после алмаза, графита и карбина). Своё название фуллерен получил по фамилии американского архитектора Ричарда Фуллера (1895-1983). Он сконструировал купол павильона США на выставке в Монреале в 1967 году в виде сочленённых пяти- и шестиугольников. Молекула фуллерена C_{60} напоминает по форме футбольный мяч, откуда и происходит второе название – «футболлен».

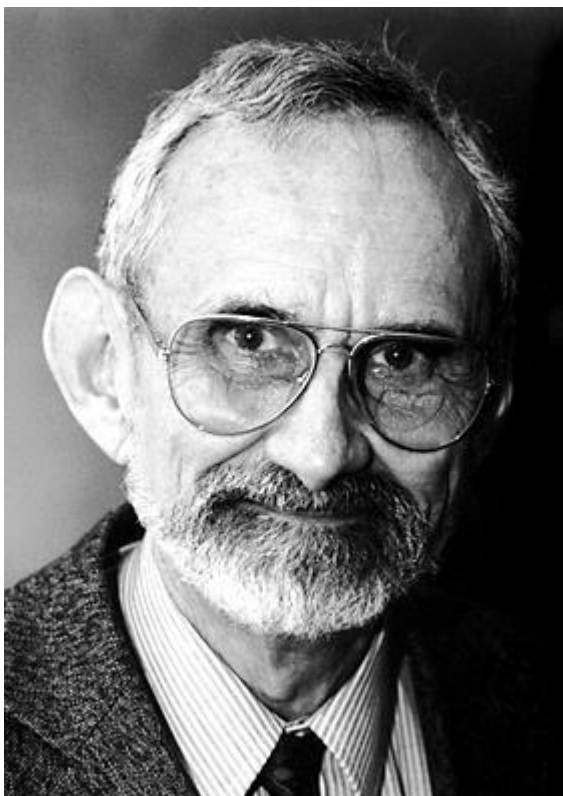
Впервые фуллерен был идентифицирован в 1985 году английским учёным Крото и его сотрудниками. Они обнаружили его в углеродной плазме, которая образуется под воздействием мощного лазерного луча на твёрдую графитовую мишень [11]. В 1990 году Кретчмер и Хоффманн с сотрудниками получили твёрдый фуллерен C_{60} [12]. Они выделили его из сажи, образующейся при распылении углерода в электрической дуге между двумя угольными электродами.



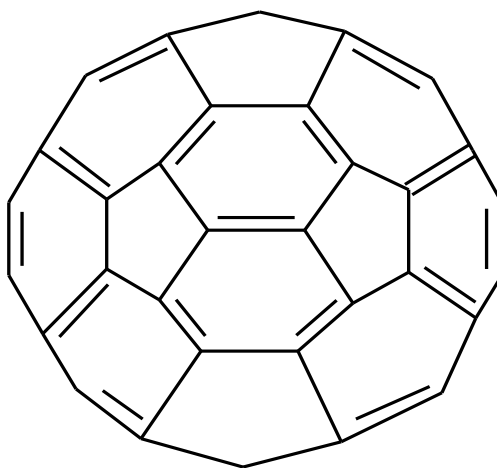
Richard E. Smalley (Ричард Смолли)



Harold W.Kroto (Гарольд Крото)



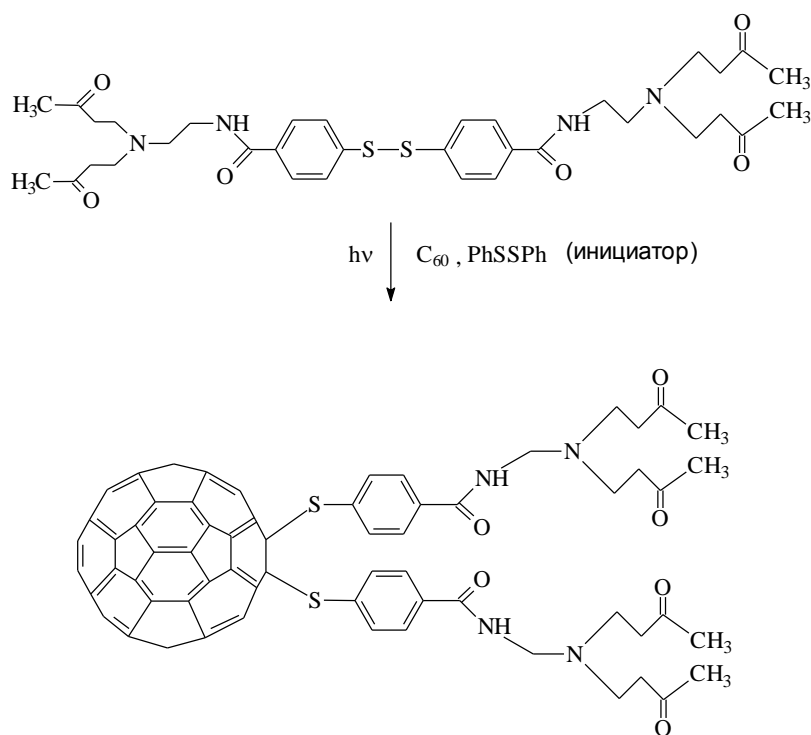
Robert F.Curl Jr. (Роберт Кёрл)



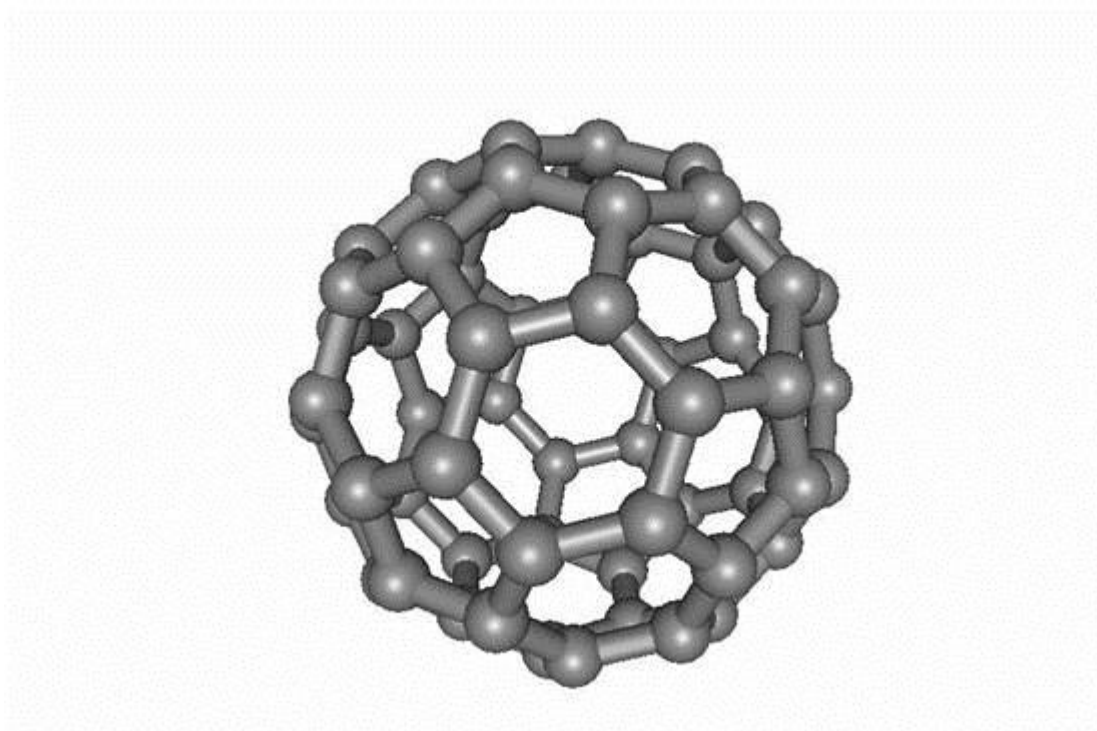
Фуллерен C₆₀ («футболлен»)

Будучи непредельным, фуллерен способен к реакциям присоединения с органическими и неорганическими молекулами. В частности, получено

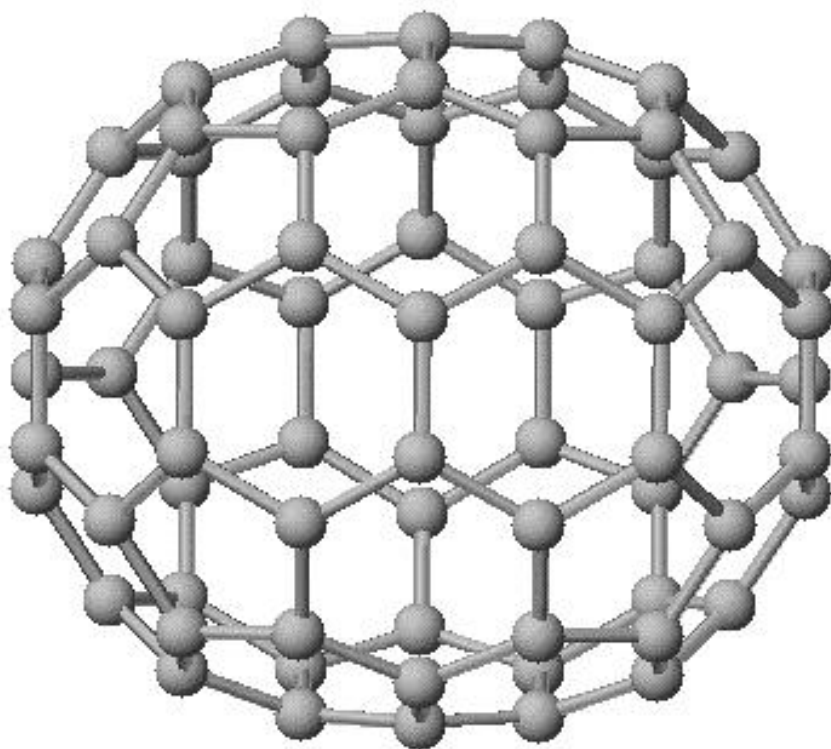
простейшее водородное соединение фуллерена $C_{60}H_2$, синтезированы аддукты фуллерена с галогенами, комплексы с металлами и т.д. Особенно интересно присоединение к фуллерену органических молекул с функциональными группами. В 2003 году в университете Окаямы (Япония) методом УФ-облучения в присутствии дифенилсульфида как инициатора было осуществлено присоединение к фуллерену молекулы дисульфидного дендримера [13]. Эту интересную реакцию называют «прививкой» дендримера к фуллерену (см. схему). Это лишь один из многих примеров функционализации фуллеренов, осуществлённых за последние годы. Это направление открывает широкие возможности для нанотехнологий.



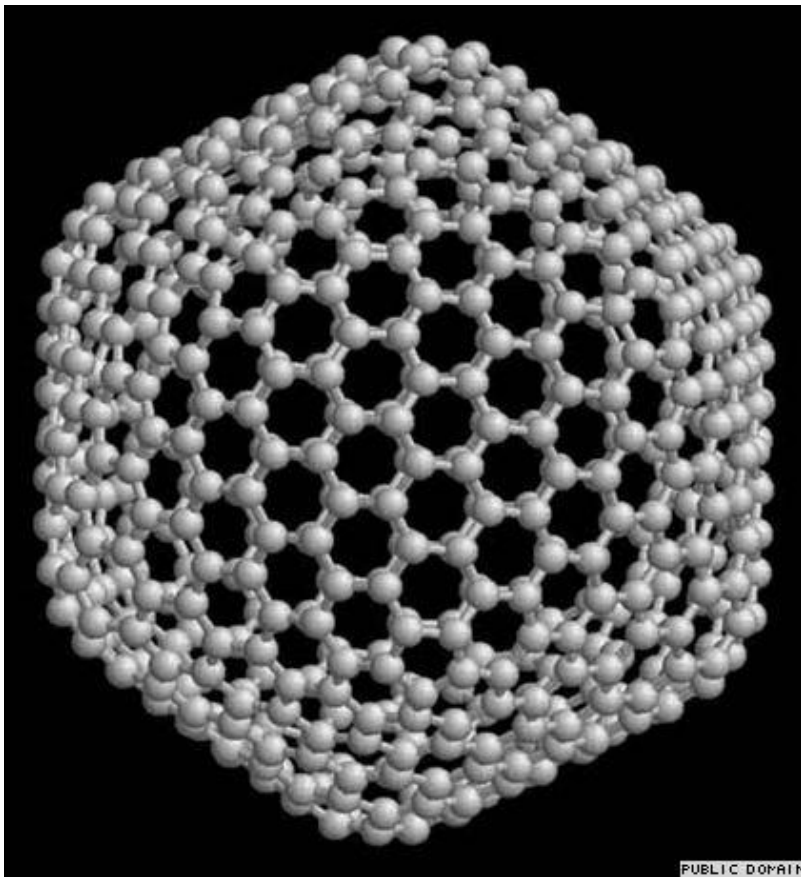
К настоящему времени химики открыли не только «футболлен». Получены и другие фуллерены, более сложной структуры. На рисунках показаны в виде красочных схем фуллерены C_{60} , C_{70} и C_{540} . Первый имеет, как уже говорилось, сферическую форму и напоминает по внешнему виду футбольный мяч. Второй имеет форму объёмного эллипсоида. Третий, фуллерен C_{540} , имеет форму икосаэдра. Поистине непостижима природа в своих проявлениях, поистине удивительные находки преподносит она ненасытному любопытству человека разумного!



Фуллерен C_{60} сферический

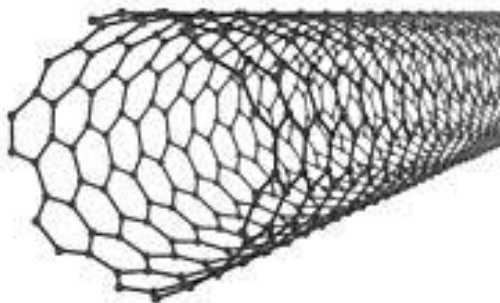


Фуллерен C_{70} эллипсоидный



Фуллерен C_{50} , имеющий форму икосаэдра

Нанотрубки. Получены и другие углеродные наночастицы, родственные фуллерену, но отличающиеся от него по строению и свойствам. В 1991 году японский учёный Ииджима получил углеродные нанотрубки [14]. Принято считать, что они образуются путём сворачивания графеновых плоскостей в бесшовные трубки при высоких температурах. О графене ещё пойдёт речь. Методы получения, строение и свойства углеродных нанотрубок описаны в обзоре [15].

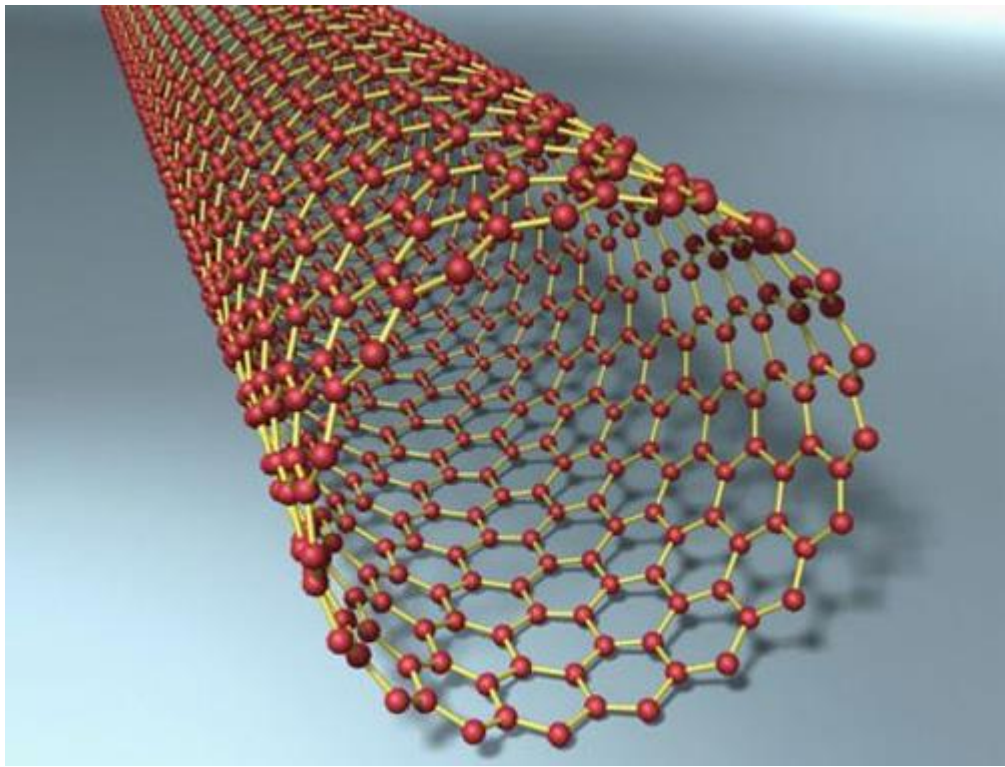


Для нанотрубок характерен диаметр от одного до нескольких десятков нанометров (*нм*) и длина до нескольких сантиметров.

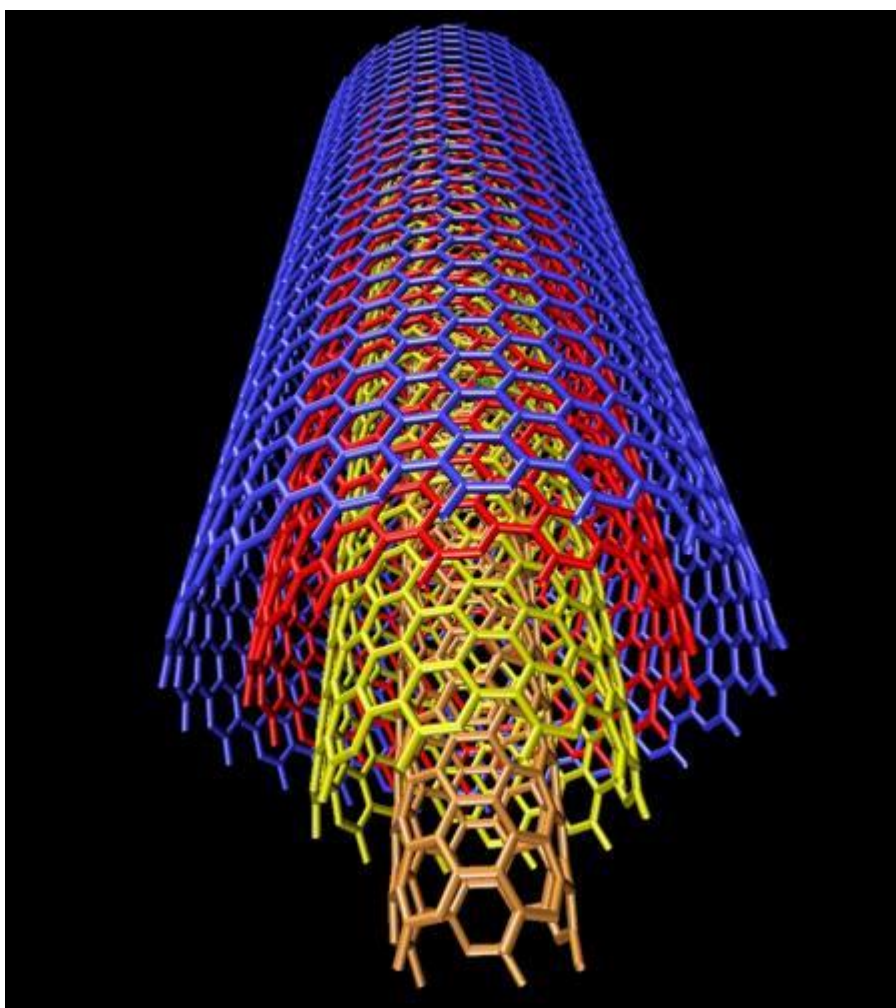
Нанотрубки могут быть как однослойными, так и многослойными, вставленными одна в другую (см. цветные схемы).

Синтезированы и комбинированные наночастицы. В частности, установлена возможность заполнения внутренних полостей нанотрубок фуллеренами, бором, иодидом калия и т.д. Для таких сложных наночастиц разработана своя номенклатура. Например, $C_{60}@НТ$ означает, что фуллерен C_{60} находится внутри нанотрубки (терминология по аналогии с адресами электронной почты).

Кроме углеродных, получены и разнообразные неуглеродные (неорганические) нанотрубки. Известны нанотрубчатые нитриды углерода и бора, а также оксиды, сульфиды, селениды и галогениды переходных металлов. Неорганические нанотрубки рассмотрены в обзоре [16].



Однослойная углеродная нанотрубка



Многослойная углеродная нанотрубка

Среди полученных за последние 10-15 лет наночастиц известны структуры разной формы: наносферы, нанодиски, наностержни, нанолуковицы, нанопроволоки, нановолокна, наноленты, наноплётки и др. Всё это многообразие ещё более расширяется за счёт многочисленных агрегатов из наночастиц (см. цветную схему).

Новое развитие получает и химия наноразмерных «алмазоподобных» молекул наподобие адамантана. (Структура такого алмазоподобного нанокластера показана на цветной схеме). Уже открыто не менее полутора десятков различных фрагментов, имеющих до 40 (а не 10, как у адамантана) атомов углерода. Учёные нефтяного концерна «Шеврон-Тексако» обнаружили такие алмазоподобные наночастицы в сырой нефти Мексиканского залива [17]. Они характеризуются типичной кристаллической решёткой алмаза и присущей такой решётке твёрдостью и устойчивостью. Сообщается, что такие структуры представляют особый интерес для нанотехнологий. Они могут быть использованы в новых наноустройствах для микроэлектроники и в производстве лекарственных средств нового поколения [18].

Нанопроволока. Нанопроволока - это проволока с диаметром порядка нанометра, изготовленная из металла, полупроводника или диэлектрика. Длина нанопроволок часто может превышать их диаметр в 1000 и более раз. Поэтому нанопроволоки часто называют одномерными структурами, а их чрезвычайно малый диаметр (около 100 размеров атома) даёт возможность проявляться различным квантово-механическим эффектам. Это объясняет, почему нанопроволоки иногда называют «квантовыми проволоками». В лабораториях нанопроволоки чаще всего получают методом эпитаксии, когда кристаллизация вещества происходит только в одном направлении. Например, кремниевую нанопроволоку можно получить методом эпитаксии с помощью золотой наночастицы. Наночастицу золота помещают в атмосферу газа силана, и эта наночастица становится катализатором реакции распада силана на водород и жидкий кремний. Жидкий кремний скатывается с наночастицы и кристаллизуется под ней. Если концентрация силана вокруг наночастицы поддерживается неизменной, то процесс эпитаксии продолжается, и всё новые слои жидкого кремния кристаллизуются на его

уже затвердевших слоях. В результате, нанопроволока из кремния растёт, приподнимая наночастицу золота всё выше и выше. При этом, очевидно, размер наночастицы определяет диаметр нанопроволоки. Уникальные электрические и механические свойства нанопроволок создают предпосылки для их использования в будущих нанoeлектронных и нанoeлектромеханических приборах, а также в качестве элементов новых композитных материалов и биосенсоров.

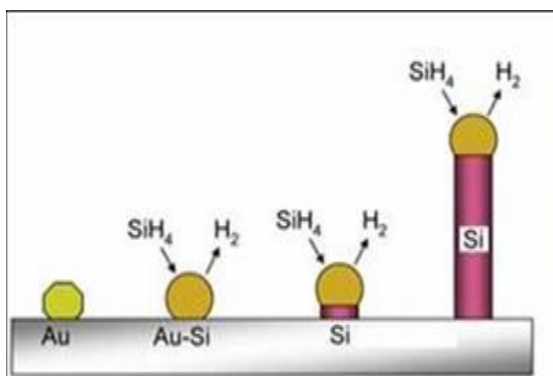
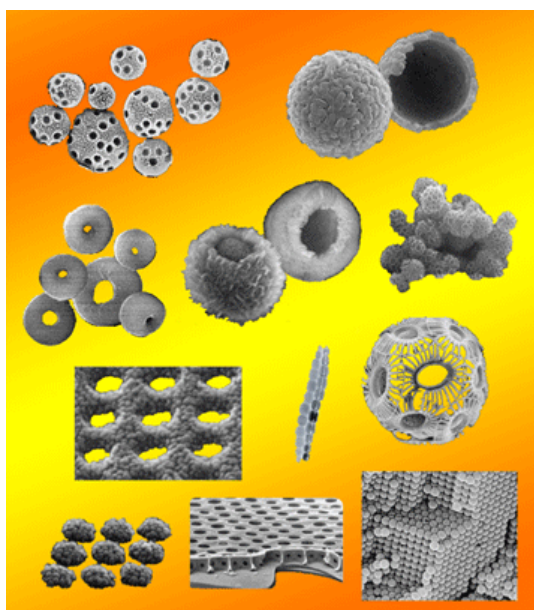


Схема получения кремниевой нанопроволоки методом эпитаксии с помощью золотой наночастицы

Наночастицы отличаются разнообразием форм и размеров, как показано на рисунке:



Наноалмазы. Наноалмазы впервые были получены в СССР. Несмотря на общий интерес и быстрое развитие в мире наноалмазного направления российские ученые, остаются в этой области науки законодателями мод, хотя это и становится все труднее. Промышленный синтез алмазов начался с середины 50-ых годов прошлого века, который осуществлялся путем трансформации графита в камерах, обеспечивающих высокое давление – десятки тысяч атмосфер и температуру – около полутора тысяч градусов. В мире ежегодно производятся сотни тысяч карат таких искусственных алмазов со средним размером от сотен до единиц микрон – так называемые алмазные микропорошки.

В настоящее время, когда инновационные технологии уверенно переходят от микрометровых к нанометровым размерам, потребовались и алмазы соответствующих размеров. Первые наноалмазы были синтезированы в Советском Союзе, промышленное производство которых появилось в конце восьмидесятых годов. Исходным сырьем был избран углерод, входящий в состав взрывчатых веществ. Высокие давление и температура, необходимые для образования структуры алмаза из атомов углерода, достигались в процессе взрыва. Короткое время взрыва определяло малый размер алмазных кристалликов - всего миллиардные доли метра.

До определенного времени работы по взрывному методу синтеза в открытой печати, по понятным причинам, не освещались. Наверное, поэтому способ получения наноалмаза из углерода взрывчатых веществ изобретался в СССР не один раз и независимо разными группами авторов. Позже, в 1988 году эти работы были опубликованы в России и США и широко цитировались. С того времени исследователи прошли большой путь. Оказалось, что детонационные наноалмазы обладают рядом необычных свойств. Исследования последних лет показали, что наноалмазы могут быть успешно использованы для создания нанокпозиционных материалов, уникальных по своим механическим свойствам покрытий, элементов наноэлектроники, селективных адсорбентов и катализаторов, объектов медико-биологического использования. Применение наноалмазов существенно улучшает качество микроабразивных и полировальных составов, смазочных масел, абразивных инструментов, полимерных композиций, резин и каучуков, систем магнитной записи, позволяет выращивать алмазные пленки на различных подложках.

Со школьной скамьи известно, что и алмаз, и графит состоят из атомов углерода, столь разные свойства этих веществ определяются только взаимным расположением атомов в их кристаллической решетке. Алмазы нанометровых размеров при нагревании при определенных условиях

перестраивают свою структуру, образуют вложенные друг в друга углеродные сферы – наноматрешку – углеродную луковку. И эта луковка под действием электронного луча может снова перестроиться в наноалмаз, (т.е. в структуру с решеткой алмаза). А ведь полая углеродная наносфера – это не так давно открытая и такая популярная теперь молекула фуллерена.

Возможность изучать структурные превращения на наноуровне, конечно, привлекательна для ученых, не менее интригующим было и обнаружение наноалмазов в метеоритах. Этого достаточно для объяснения интереса к наноалмазам в фундаментальных исследованиях, но основной интерес к изучению их свойств определяется возможностью использования наноалмазов в промышленности.

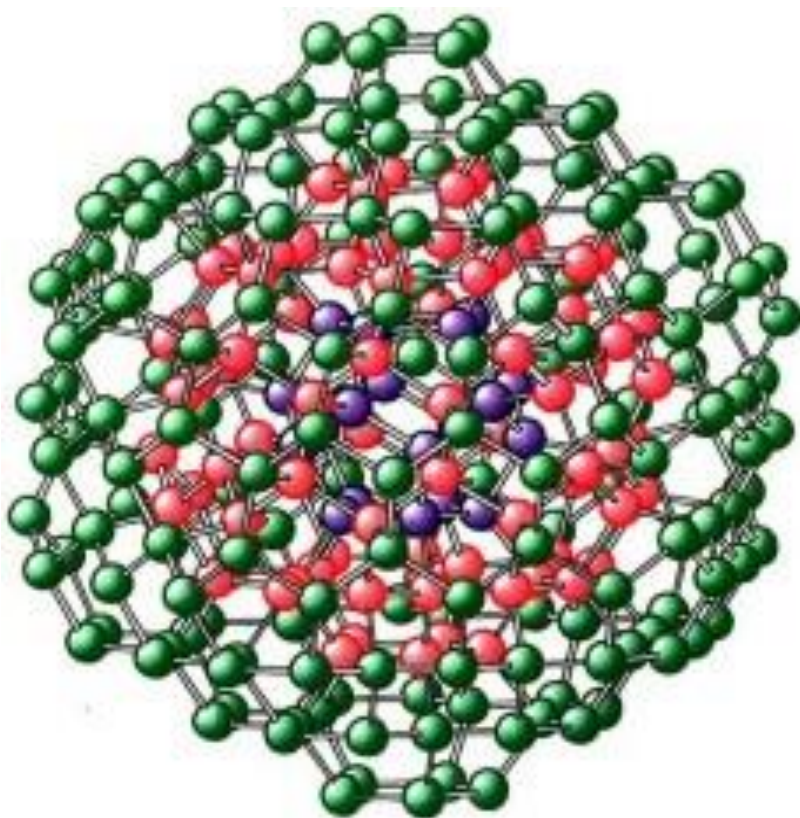


Схема алмазоподобного нанокластера

Ансамбли. Индивидуальные атомы весьма реакционноспособны и стремятся соединиться в молекулы, или в наночастицы, или в ансамбли наночастиц. Процессы самопроизвольного формирования наночастиц и ансамблей из отдельных атомов и молекул изучаются супрамолекулярной химией и рассматриваются как «самосборка» (самоассоциация, самоорганизация) атомов. Ансамбли могут включать как сами наночастицы, так и стабилизирующие защитные слои. Экспериментальное исследование самосборки часто проводят на примерах наночастиц золота и серебра, а в качестве стабилизаторов обычно используют алкантиолы ввиду высокого сродства этих металлов к серосодержащим функциональным группам.

Синтез металлических наночастиц, защищенных от дальнейшего укрупнения монослоями протекторов, практически важен в связи с проблемой создания новых электронных наноприборов. Наиболее подробно изучены методы получения ансамблей частиц золота, стабилизированных гексантиолом, гександитиолом, додекантиолами и др. Изучается влияние различных факторов, в том числе различных видов облучения (включая лазерное), на форму и размеры наночастиц золота. Интересное сообщение было сделано на Десятом Международном симпозиуме по люминесцентной спектроскопии в Гренаде в июле 2002 года. Авторы изучали регулируемый синтез и люминесцентные свойства наночастиц золота в системе с додецилсульфонатом натрия в качестве стабилизатора. Авторами разработан метод получения коллоидного раствора стабилизированных наночастиц золота в воде со средним диаметром наночастиц 5-14 нм. Рассмотрено применение такого раствора в качестве аналитического реагента для ускоренного анализа белков, состоящих из серосодержащих аминокислотных фрагментов. В этой интересной работе заинтриговывает уже сама идея: давно была известна «серебряная» вода, а теперь появилась и «золотая»! Для разработки практически важных композиционных наноматериалов представляет интерес работа, в которой получена композиция, содержащая наночастицы никеля в эластичной матрице сульфированного цис-1,4-полибутадиенового каучука.

Существует важное различие между самосборкой в неживой и живой природе. Рост кристалла ограничен только наличием исходных компонентов и принципиально не ограничен размером: кристалл может быть и больше, и меньше. Рост живого организма (например, вируса) останавливается по достижении строго определенного размера. Механизм такой остановки — интересная и до конца не разгаданная загадка. С самосборкой тесно связано понятие молекулярного распознавания, когда отдельные фрагменты молекул «распознают» друг друга, благодаря принципу «комплементарности»

(взаимному соответствию своих размеров, формы, способности образовывать водородные связи и т.п.).

В живой природе при взаимодействии энзима и субстрата действует принцип молекулярного распознавания, который в зарубежной литературе называют принципом «*key-lock*» («ключ-замок»). Этот принцип сегодня используется, например, для высокоселективного синтеза всё более сложных молекул и молекулярных ассоциатов, как встречающихся в природе, так и ранее в природе не существовавших. Еще одним примером молекулярного распознавания является образование уже упоминавшихся комплексов типа «хозяин-гость». Эти комплексы устойчивы за счет нескольких типов связи — координационной, если «гость» представляет собой ион металла, или водородной, если «гость» вода.

Использование молекулярного распознавания, принципа «ключ-замок» и комплексов типа «хозяин-гость» открывает возможность управления составом, молекулярным и кристаллическим строением продуктов синтеза, регулирования хода биохимических реакций. Важную роль процессы молекулярного распознавания и принцип комплементарности играют в реакциях, которые осуществляет сама природа. Пример — процесс репликации дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), где распознавание типа аминокислотного фрагмента белковой молекулы приводит к формированию двойной спирали ДНК, лежащему в основе передачи наследственных свойств.

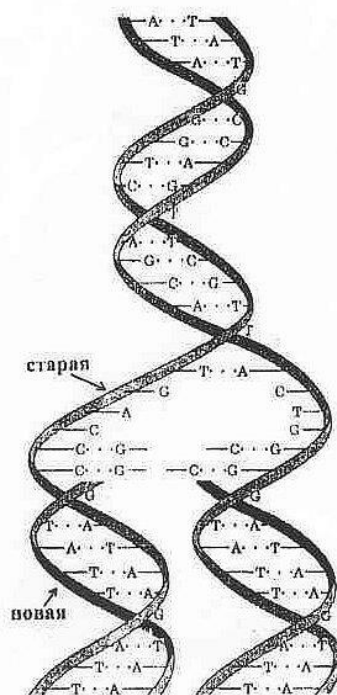


Схема репликации ДНК

1.4. Способы получения наночастиц

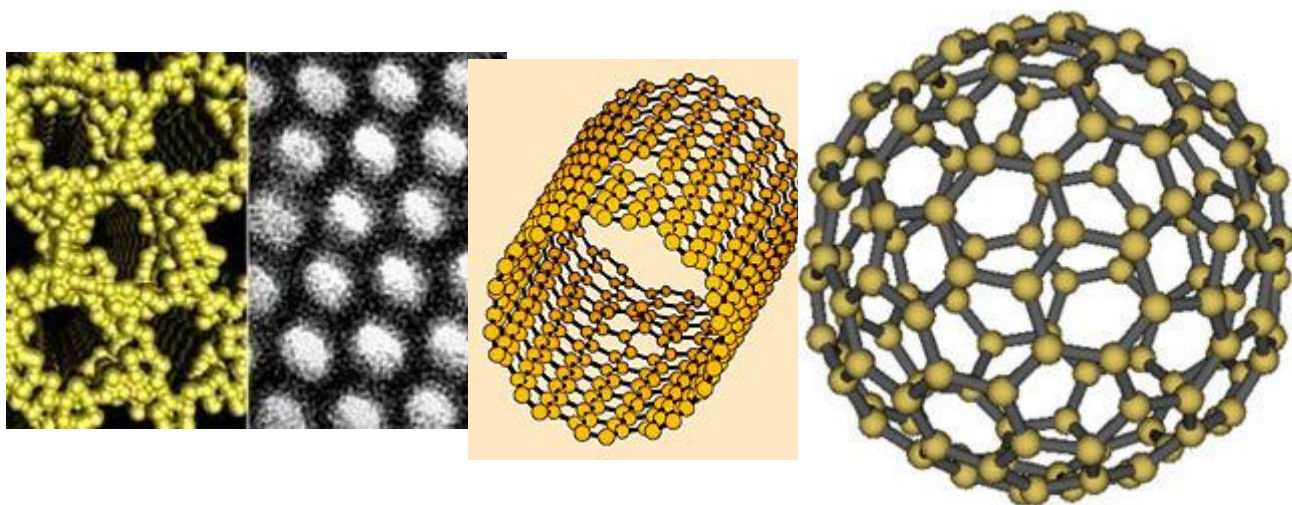
Для получения наночастиц применяются как обычные химические синтезы, так и специальные методы. К первым относятся метод «золь-гель», криохимический метод, метод термического разложения или восстановления комплексов металлов в контролируемых условиях, электрокоррозионный метод, самораспространяющийся высокотемпературный синтез и другие. К специальным методам относятся получение наночастиц в плазме электрической дуги, получение наночастиц при облучении лазером, ударно-волновой синтез, механический и механо-химический методы измельчения с применением высокоэффективных шаровых мельниц и другие. При любом методе получения наночастиц приходится одновременно решать проблему их стабилизации (сохранения) во избежание самопроизвольного укрупнения. Чаще всего это достигается применением тех или иных химических стабилизаторов. Более подробно о методах получения и стабилизации наночастиц можно прочитать в монографиях [22, 23] и обзорной статье [24].

Принципиально все методы синтеза наночастиц, как физические так и химические, можно разделить на две большие группы:

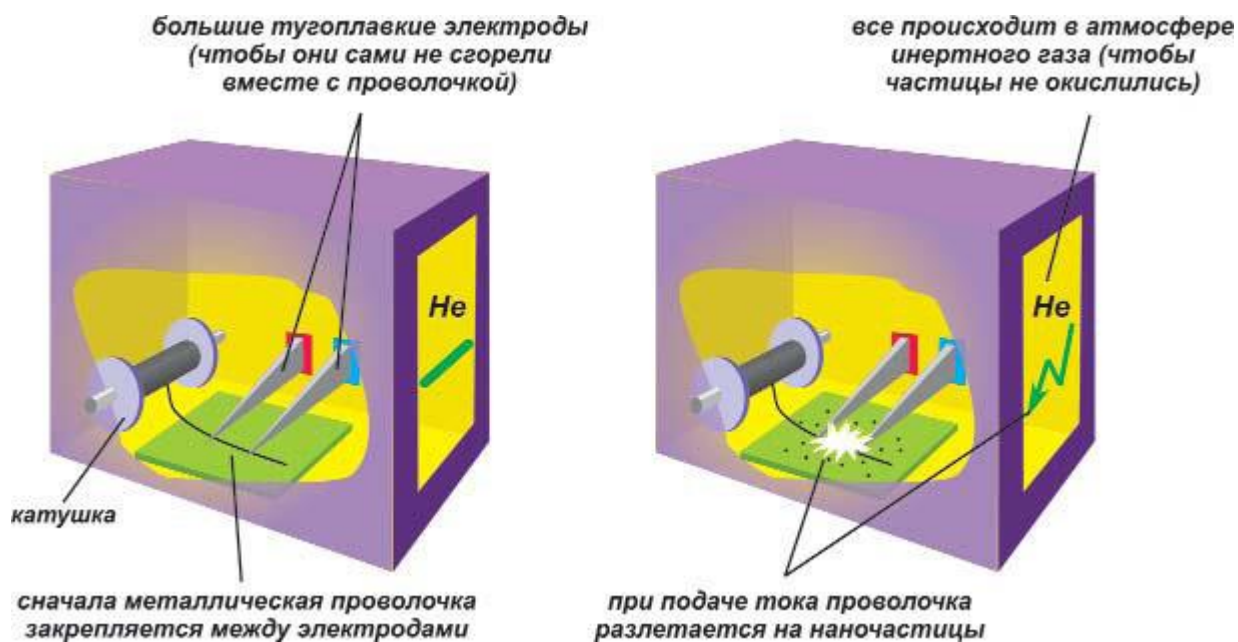
- **диспергационные методы**, или методы получения наночастиц путем измельчения обычного макрообразца;
- **конденсационные методы**, или методы «выращивания» наночастиц из отдельных атомов.

При диспергационных методах исходные тела измельчают до наночастиц. Данный подход к получению наночастиц образно называется некоторыми учеными «подход сверху вниз». Это самый простой из всех способов создания наночастиц, своего рода «мясорубка» для макротел. Данный метод широко используется в производстве материалов для микроэлектроники, он заключается в уменьшении размеров объектов до нановеличин в пределах возможностей промышленного оборудования и используемого материала. При диспергационном способе, в условиях достаточного поступления энергии (прежде всего механической), размер фрагментов, на которые распадается монокристалл, уменьшается. Пока приток механической энергии велик, большинство фрагментов имеют нанометровый размер и система остается в наносостоянии. Когда же «мясорубка» останавливается, нескомпенсированность поверхностных связей приводит к тому, что нанофрагменты начинают срастаться и укрупняться. Все это продолжается до тех пор, пока в системе не будет воссоздан исходный кристалл.

Чтобы предотвратить этот нежелательный эффект обратной кристаллизации, в систему вводится некоторый стабилизатор, который обычно представляет собой молекулярный раствор белков, полимеров или поверхностно активных веществ (ПАВ). На определенной стадии, когда размер кристалла выходит за рамки нанометровой области, стабилизатор вступает в действие: его молекулы облепляют растущую наночастицу со всех сторон, что препятствует ее дальнейшему росту. Регулируя состав и концентрацию стабилизатора, можно получать наночастицы любого диаметра. Разные стабилизаторы по-разному взаимодействуют с наночастицами.



Измельчать вещество в наночастицы можно не только механически. Российская компания «Передовые порошковые технологии» получает наночастицы, взрывая металлическую нить мощным импульсом тока.



Электровзрывной метод получения наночастиц.

Существуют и более экзотические способы получения наночастиц. Американские ученые в 2003 году собрали с листьев фигового дерева микроорганизмы *Rhodococcus* – и поместили их в золотосодержащий раствор. Бактерии действовали как химический восстановитель, собирая из ионов серебра аккуратные наночастицы диаметром около 10 нм. Строя наночастицы, бактерии чувствовали себя нормально и продолжали размножаться.

При конденсационных методах (“подход снизу вверх”) наночастицы получают путем объединения отдельных атомов. Метод заключается в том, что в контролируемых условиях происходит формирование ансамблей из атомов и ионов. В результате образуются новые объекты с новыми структурами и, соответственно, с новыми свойствами, которые можно программировать путем изменения условий формирования ансамблей. Этот подход облегчает решение проблемы миниатюризации объектов, приближает к решению ряда проблем литографии высокого разрешения, создания новых микропроцессоров, тонких полимерных пленок, новых полупроводников. Методом «снизу-вверх», манипулируя молекулами и атомами, можно создавать искусственные объекты (синтетические молекулы, кластеры, состоящие из сотен атомов), которых не существует в природе, и создавать из них блоки наноматериалов. В связи с этим изучение атомов и молекул проводят с точки зрения их функций.

Этот метод основан на феномене конденсации, с которым все хорошо знакомы. Конденсация (от лат. *condensatio* – уплотнение, сгущение) – это переход вещества из газообразного состояния в конденсированное (твердое или жидкое) вследствие его охлаждения. Если хорошенько подышать на стеклышко, оно запотеет. На самом деле это означает, что на нем образуется

множество крошечных, не видимых глазу капелек воды. Если температура воздуха в помещении ниже температуры выдыхаемого нами пара, то при дальнейшем охлаждении микроскопические капельки будут собираться в более крупные и явные капли.



Образование капелек жидкости в процессе конденсации

Примерно то же самое происходит и при конденсационном способе получения наночастиц. Исходные макротела сначала испаряют, после чего образующийся пар конденсируют до образования наночастиц нужного размера. В результате компактное вещество превращается в ультрадисперсное. Нечто похожее происходит и при восстановлении наночастиц из ионных растворов, только при этом используется не пар, а жидкость.

Во всех методах получения наночастиц требуется мощный приток энергии от внешнего источника, поскольку эти методы приводят к получению наночастиц в *неравновесном метастабильном состоянии*. Как только приток энергии прекращается, система стремится вернуться к равновесию. Почему это происходит? Рассмотрим пример – монокристалл нагревают до плавления и последующего испарения. Затем образовавшийся пар резко охлаждают. По мере охлаждения зарождаются и укрупняются наночастицы. Они начинают упорядочиваться и объединяться в

наноагрегаты. Если предоставить такую систему самой себе, то постепенно границы между наночастицами в агрегатах исчезают и они превращаются в микрокристаллы. При длительном выдерживании микрокристаллов в паре наиболее мелкие и дефектные из них испаряются, а более крупные и совершенные продолжают расти. И так до тех пор, пока в системе не воссоздастся исходный монокристалл. В течение всего интервала времени от момента, когда в паре уже накопилось заметное количество наночастиц, до момента, когда большинство наночастиц достигнет размера 100 нм, система находится в наносостоянии. Затем она переходит в равновесие, появление наночастиц прекращается. И если не создать искусственные условия для их консервации, то возникшие частицы могут перейти в стадию компактного вещества. В биохимическом, фотохимическом и радиационно-химическом синтезе конденсация наночастиц происходит не из пара, а из раствора в специальных условиях, обеспечивающих защиту наночастиц от слипания и реакций с раствором.

Рассмотрим способы получения наночастиц более подробно. Наночастицы могут образовываться в результате разложения при высокой температуре твердых веществ, содержащих катионы металлов, молекулярные анионы или металлорганические соединения. Такой процесс называется термолизом. Например, малые частицы лития можно получить разложением азида лития LiN_3 . Вещество помещается в откачанную кварцевую трубку и нагревается до 400°C . При температуре около 370°C азид разлагается с выделением газообразного N_2 , что можно определить по увеличению давления в вакуумированном пространстве. Через несколько минут давление падает до первоначального уровня, показывая, что весь N_2 удален. Оставшиеся атомы лития объединяются в маленькие коллоидные металлические частицы. Таким методом можно получить частицы с размерами менее 5 нм. Частицы можно пассивировать, вводя в камеру соответствующий газ.

В процессах термического разложения обычно используют сложные металлорганические соединения, гидроксиды, карбонилы, формиаты, нитраты, оксалаты, амиды и амиды металлов, которые при определенной температуре распадаются с образованием синтезируемого вещества и выделением газовой фазы. Например, пиролизом формиатов железа, кобальта, никеля, меди в вакууме или инертном газе при температуре $470 - 530 \text{ K}$ получают дисперсные порошки металлов со средним размером частиц $100 - 300 \text{ нм}$. Нанокристаллический порошок нитрида алюминия (AlN) со средним размером частиц 8 нм получали разложением в аммиаке при 900 K полиамида алюминия. Бориды переходных металлов можно получать пиролизом борогидридов при $600 - 700 \text{ K}$, то есть при температуре, которая гораздо ниже обычных температур твердофазного синтеза. Характерной особенностью термического разложения является сравнительно невысокая

селективность процесса, поскольку продукт реакции обычно представляет собой смесь целевого продукта и других соединений.

Метод восстановления используют для получения наноматериалов (чаще всего металлов) из исходных кислородосодержащих соединений. При переработке оксидов металлов в качестве восстановителей используют газы – водород, монооксид углерода, конвертированный природный газ. Этим процессам соответствуют реакции в результате которых получают нанопорошки металлов: Fe, W, Ni, Mo, Cu, Co. Распространенным методом получения высокодисперсных металлических порошков является восстановление соединений металлов (гидрооксидов, хлоридов, нитратов, карбонатов) в токе водорода при температуре менее 500 К. Достоинствами этого метода являются низкое содержание примесей и узкое распределение частиц порошка по размерам.

Широко используется и получение наночастиц в жидкой фазе, прежде всего методом химической конденсации. Химические методы получения наночастиц и ультрадисперсных систем известны достаточно давно. Коллоидный раствор золя золота (красного) с размером частиц 20 нм был получен в 1857г. М.Фарадеем. Агрегативная устойчивость золя объясняется образованием двойного электрического слоя на поверхности раздела твердое тело-раствор и возникновением электростатической составляющей расклинивающего давления, являющегося основным фактором стабилизации данной системы. Наиболее простым и часто используемым способом является синтез наночастиц в растворах при протекании различных реакций. Для получения металлических наночастиц применяют реакции восстановления, при которых в качестве восстановителя используют алюмо- и борогидриды, тетрабораты, гипофосфиты и многие другие неорганические и органические соединения. Наноразмерные частицы солей и оксидов металлов получают чаще всего в реакциях обмена и гидролиза. Например, золь золота с размером частиц 7 нм может быть получен восстановлением хлорида золота борогидридом натрия с использованием в качестве стабилизатора додекантиола. Тиолы широко используются для стабилизации наночастиц полупроводников. В качестве стабилизаторов используют и другие органические соединения, способные образовывать поверхностные комплексы. Реакцию гидролиза проводят в органических растворителях. Последующая полимеризация приводит к образованию геля. Этот метод обладает чрезвычайно широкими возможностями и позволяет получать материалы, содержащие и биологически активные макромолекулы.

К химическим методам относят и осаждение в растворах и расплавах. Общие закономерности образования наночастиц в жидких средах зависят от множества факторов: состава и свойств исходного вещества (раствора,

расплава); характера диаграммы равновесия фаз рассматриваемой системы; способа создания пересыщения раствора или расплава; используемого оборудования и режимов его работы. В случае синтеза необходимых фаз проводят термообработку порошка после его сушки или эти фазы объединяют в одну. После термообработки проводят дезагрегацию агрегатов до размеров наночастиц. Исходные вещества и растворитель выбирают так, чтобы побочные продукты можно было полностью удалять из целевого продукта при промывании и последующей термообработке без загрязнения окружающей среды. Для эффективного смешения реагентов используют перемешивающие устройства с различными типами мешалок (пропеллерные, стержневые, турбинные), циркуляционное перемешивание с помощью насосов (центробежных и шестеренчатых), диспергирующих устройств (форсунки, сопла, инжекторы, вращающиеся диски, акустические распылители и так далее).

Методом осаждения можно получать оксидные металлические и металлоксидные материалы, композиции на их основе, различные ферриты и соли. Ответственной стадией, определяющей свойства полученного порошка, является его отделение от жидкой фазы. С возникновением межфазной границы газ-жидкость резко увеличивают силы Лапласа, сжимаемые частицы. В результате действия этих сил в частицах наноразмерного спектра возникают сжимающие давления порядка мегапаскалей, которые используются при компактировании макрочастиц в монолитные пористые изделия. При этом в порах агрегата создаются гидротермальные условия, приводящие к увеличению растворимости частиц и упрочнению агрегатов за счет механизма растворение-конденсация. Частицы объединяются в прочный агрегат, а далее – в отдельный кристалл. Для удаления жидкой фазы из осадка используют процессы фильтрования, центрифугирования, электрофореза, сушки. Вероятность образования прочных агрегатов можно уменьшить за счет замещения воды органическими растворителями, а также использованием ПАВ, сублимационной сушки, применением сушильного агента в сверхкритических условиях. Разновидностью технологии получения наночастиц в жидких средах является управляемое растворение более крупных частиц в подходящих растворителях. Для этого необходимо затормозить или вообще прекратить процесс их растворения в интервале наноразмеров. Этим же способом можно проводить коррекцию размеров получаемых перечисленными методами частиц в случаях, когда их размер оказался больше необходимого.

При осаждении в расплавах жидкой средой являются расплавы солей или металлов (чаще всего используют расплавы солей). Образование твердой фазы происходит при достаточно высокой температуре, когда диффузионные процессы вызывают высокую скорость роста кристаллов. Основной

проблемой при этом является исключение захвата синтезируемым порошком компонентов побочных соединений. Для выделения синтезированного порошка после охлаждения соль растворяют в подходящих растворителях. Изменяя степень неравновесности процесса можно регулировать структуру материала. Если остановить процесс на стадии, когда твердая фаза имеет наноразмеры, можно получать наноматериал. Однако сделать это весьма трудно из-за большой скорости диффузионного массопереноса при достаточно высокой температуре среды. Более перспективен этот метод для получения наночастиц растворением исходных более крупных частиц. В этом случае можно сразу получать нанокompозит, если растворяющаяся среда, например стеклообразная, будет играть роль матрицы для наночастиц.

Интересным и важным методом получения наночастиц в растворах является «золь-гель метод». Этот процесс включает несколько основных технологических стадий. Первоначально получают водные или органические растворы исходных веществ. Из растворов образуют золи (коллоидные системы) с твердой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой для получения золь используют, например, гидролиз солей слабых оснований или алкоколятов. Можно использовать и другие реакции, приводящие к образованию стабильных и концентрированных золь (например, применение пептизаторов – веществ, препятствующих распаду агрегатов частиц в дисперсных системах). Эффективным является нанесение на наночастицы в процессе гидролиза защитного слоя из водорастворимых полимеров или ПАВ, добавляемых вместе с водой в процессе гидролиза. Затем золь переводят в гель при удалении из него части воды нагреванием, экстракцией соответствующим растворителем. В ряде случаев проводят распыление водного золь в нагретую несмешивающуюся с водой органическую жидкость. Переводя золь в гель, получают структурированные коллоидные системы. Твердые частицы дисперсной фазы соединены между собой в рыхлую пространственную сетку, которая содержит в своих ячейках жидкую дисперсионную среду, лишая текучести систему в целом. Контакты между частицами легко и обратимо разрушаются при механических и тепловых воздействиях. Гели с водной дисперсионной средой называются гидрогелями, а с углеводородной – органогелями. Высушиванием геля можно получать аэрогели или ксерогели – хрупкие микропористые тела (порошки). Порошки используют для формования изделий, плазменного напыления и так далее. Гель можно использовать непосредственно для получения пленок или монолитных изделий. В настоящее время золь-гель метод широко используется для получения наночастиц из неорганических неметаллических материалов.

Важное место в нанотехнологиях занимает электрохимический метод получения наночастиц. Электрохимический метод связан с выделением на катоде вещества в процессе электролиза простых и комплексных катионов и анионов. Если в цепь постоянного электрического тока включить систему,

состоящую из двух электродов и раствора (расплава) электролита, то у электродов будут протекать реакции окисления-восстановления. На аноде (положительный электрод) анионы отдают электроны и окисляются; на катоде (отрицательный электрод) катионы присоединяют электроны и восстанавливаются. Образующийся на катоде осадок в результате, например, электрокристаллизации, в морфологическом отношении может быть как рыхлым, так и плотным слоем из множества микрокристаллитов. На текстуру осадка влияют многие факторы, такие, например, как природа вещества и растворителя, тип и концентрация ионов целевого продукта и посторонних примесей, адгезионные свойства осаждаемых частиц, температура среды, электрический потенциал, условия диффузии и другие. Одним из перспективных научных направлений является использования электрохимического синтеза для конструирования наноструктурных материалов. Суть его заключается в формировании в ходе кинетически контролируемого электровосстановления двумерных (лэнгмюровских) монослоев металлических наночастиц под монослойными матрицами ПАВ.

Одним из самых распространенных химических методов получения ультрадисперсных порошков металлов, нитридов, карбидов, оксидов, боридов, а также их смесей является плазмохимический синтез. Для этого метода характерны очень быстрое (за малые доли секунды) протекание реакции вдали от равновесия и высокая скорость образования зародышей новой фазы при относительно малой скорости их роста. При плазмохимическом синтезе используют низкотемпературную (400-800 К) азотную, аммиачную, углеводородную, аргонную плазму, которую создают с помощью электрической дуги, электромагнитного высокочастотного поля или их комбинации в реакторах, называемых плазмотронами. В них поток исходных веществ (газообразных, жидких или твердых) быстро пролетает через зону, где поддерживается плазма, получая от нее энергию для проведения реакций химического превращения. Плазмообразующим газом может быть и само исходное вещество. Характеристики получаемых порошков зависят от используемого сырья, технологии синтеза и типа плазмотрона; их частицы являются монокристаллами и имеют размеры 10-100 нм и более. Процессы, происходящие при плазмохимическом синтезе и газофазном методе получения наночастиц, близки между собой. После взаимодействия в плазме происходит образование активных частиц, находящихся в газовой фазе. В дальнейшем необходимо сохранить их наноразмеры и выделить из газовой фазы. На практике в настоящее время используются реакторы, в рабочий объем которых вводятся излучения лазера через специальное окно и поток реакционной смеси. В области их пересечения возникает реакционная зона, где происходит образование частиц. Размер частиц зависит от давления реактора и интенсивности излучения лазера. Параметрами лазерного излучения управлять значительно легче (чем высокочастотной или дуговой плазмой), что позволяет получать

более узкое распределение частиц по размерам. Таким способом получили порошок нитрида кремния с размерами частиц 10-20 нм.

Разновидностью вышеописанного является электроэрозионный метод. Суть метода заключается в образовании дуги между электродами, погруженными в ванну с жидкостью. В этих условиях вещество электродов частично диспергируется и взаимодействует с жидкостью с образованием дисперсного порошка. Например, электроэрозия алюминиевых электродов в воде приводит к образованию порошка гидроксида алюминия. Полученный твердый осадок отделяют от жидкой фазы методами фильтрации, центрифугирования, электрофореза. Затем порошок сушат и в случае необходимости предварительно измельчают. В процессе последующей термообработки из порошка синтезируют целевой продукт, из которого в процессе дезагрегации получают частицы нужного размера. Этим методом можно получать частицы наноразмеров, если в жидкую фазу помещать частицы большого размера. Ещё одна разновидность - ударно-волновой или детонационный синтез. Данным методом наночастицы получают в плазме, образованной в процессе взрыва бризантных взрывчатых веществ (ВВ) во взрывной камере (детонационной трубе). В зависимости от мощности и типа взрывного устройства ударно-волновое взаимодействие на материал осуществляется за очень короткий промежуток времени (десятые доли микросекунд) при температуре более 3000 К и давлении в несколько десятков гектопаскалей. При таких условиях возможен фазовый переход в веществах с образованием упорядоченных диссипативных наноразмерных структур. Ударно-волновой метод наиболее эффективен для материалов, синтез которых осуществляется при высоких давлениях, например, порошков алмаза, кубического нитрата бора и других.

Сочетанием различных методов стал механохимический синтез наночастиц. При этом способе обеспечивают механическую обработку твердых тел, в результате которой происходят измельчение и пластическая деформация веществ. Измельчение материалов сопровождается разрывом химических связей, что предопределяет возможность последующего образования новых химических связей, то есть протекание механохимических реакций. Механическое воздействие при измельчении материалов является импульсным; при этом возникновение поля напряжений и его последующая релаксация происходят не в течение всего времени пребывания частиц в реакторе, а только в момент соударения частиц и в короткое время после него. Механическое воздействие бывает не только импульсивным, но и локальным, так как происходит не во всей массе твердого вещества, а лишь там, где возникает и затем релаксирует поле напряжений. Воздействие энергии, выделяющей при высокой степени неравновесности во время удара или истирания, из-за низкой

теплопроводности твердых тел приводит к тому, что какая-то часть вещества находится в виде ионов и электронов – в состоянии плазмы. Механохимические процессы в твердом теле можно объяснить с использованием фононной теории разрушения хрупких тел (фонон – квант энергии упругих колебаний кристаллической решетки).

Механическое измельчение твердых материалов осуществляют в мельницах сверхтонкого измельчения (шаровых, планетарных, вибрационных, струйных). При взаимодействии рабочих органов с измельчаемым материалом возможен его локальный кратковременный разогрев до высоких (плазменных) температур, получение которых в обычных условиях осуществляется при высоких температурах. Механическим способом можно получать нанопорошки с размером частиц от 200 до 5-10 нм. Так, при помоле смеси металла и углерода в течении 48 часов были получены частицы TiC, ZrC, VC и NbC с размером 7-10 нм. В шаровой мельнице из смеси порошков вольфрама углерода и кобальта с исходным размером частиц около 75 мкм за 100 часов были получены частицы нанокompозита WC-Co с размером частиц 11-12 нм.

Очень интересны и перспективны биохимические методы получения наноматериалов. Во многих случаях живые организмы, например, некоторые бактерии и простейшие организмы, производят минеральные вещества с частицами и микроскопическими структурами в нанометровом диапазоне размеров. В процессах биоминерализации действуют механизмы тонкого биохимического контроля, в результате чего производятся материалы с четко определенными характеристиками. Живые организмы могут быть использованы как прямой источник ультрадисперсных материалов, свойства которых могут быть изменены путем варьирования биологических условий синтеза или переработки. Ультрадисперсные материалы, полученные биохимическими методами синтеза, могут быть исходными материалами для некоторых уже опробованных и известных методов синтеза и обработки наноматериалов, а также в ряде технологических процессов. Пока работ в этом направлении исследований немного, но уже можно указать ряд примеров получения и использования биологических наноматериалов. В настоящее время ультрадисперсные материалы могут быть получены из ряда биологических объектов, например, ферритинов и связанных с ними белков, содержащих железо, магнетических бактерий и другое. Так, ферритины (вид белков) обеспечивают для живых организмов возможность синтезировать частицы гидроксидов и оксифосфатов железа нанометрового размера. Способность магнетотактических бактерий использовать линии магнитного поля Земли для собственной ориентации позволяет иметь цепочки наноразмерных (40-100 нм) однодоменных частиц магнетита.

Возможно также получение наноматериалов с помощью микроорганизмов. В настоящее время открыты бактерии, окисляющие серу,

железо, водород и другие вещества. С помощью микроорганизмов стало возможным проводить химические реакции для извлечения из руд различных металлов, минуя традиционные технологические процессы. В качестве примера можно привести технологию бактериального выщелачивания меди из сульфидных материалов, урана из руд, отделение примесей мышьяка от концентратов олова и золота. В некоторых странах в настоящее время до 5% меди, большое количество урана и цинка получают микробиологическими методами. Существуют хорошие предпосылки, подтвержденными лабораторными исследованиями, использования микробиологических процессов извлечения марганца, висмута, свинца, германия из бедных карбонатных руд. С помощью микроорганизмов можно вскрыть тонко вкрапленное золото арсенопиритных концентратов. Поэтому в технической микробиологии появилось новое направление, которое называют микробиологической гидрометаллургией.

Использование низких температур характерно для криохимического синтеза наночастиц. Высокая активность атомов и кластеров металлов в отсутствие стабилизаторов обуславливает реакцию в более крупные частицы. Процесс агрегации атомов металлов идет практически без энергии активации. Стабилизацию активных атомов почти всех элементов периодической системы удалось осуществить при низких (77 К) и сверхнизких (4-10 К) температурах методом матричной изоляции. Суть этого метода состоит в применении инертных газов при сверхнизких температурах. Чаще всего в качестве матрицы используются аргон и ксенон. Пары атомов металлов конденсируют с большим, обычно тысячекратным, избытком инертного газа на поверхность, охлаждаемую, до 10-12 К. Значительное разбавление инертных газов и низкие температуры практически исключают возможность диффузии атомов металлов, и в конденсате происходит их стабилизация. Физико-химические свойства таких атомов исследуют различными спектральными и радиоспектральными методами.

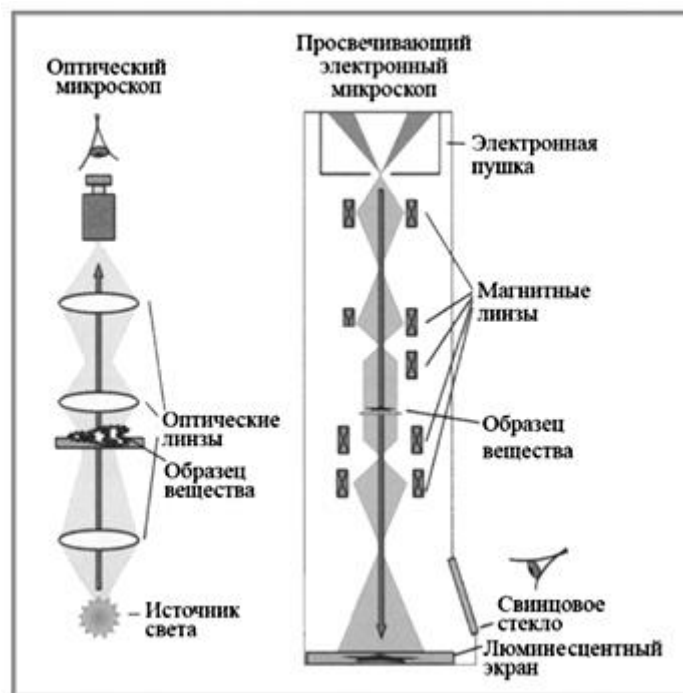
1.5. Методы исследования наночастиц

Для исследования наночастиц применяются современные методы просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, зондовой микроскопии, рентгенографии, дифракции нейтронов, рентгенофлюоресцентной спектроскопии, масс-спектрометрии, электронно-оптические методы и др. Некоторые из перечисленных методов позволяют не только изучать наночастицы, но и манипулировать ими с целью создания различных наноматериалов и наноразмерных (молекулярных) устройств. К

числу наиболее эффективных современных методов относится метод зондовой микроскопии. Применение в этом методе новейших атомно-силовых микроскопов даёт возможность достигать субнанометрового разрешения (порядка 10^{-2} нм).

. Бурное развитие нанонауки в последние годы оказалось возможным благодаря доступности методов определения строения и структуры нанообъектов. Среди них важнейшая роль принадлежит электронной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии (точнее было бы говорить «наноскопии»). Обычный оптический микроскоп, даже самого лучшего качества, не дает возможности разглядеть не только отдельные атомы, но и наночастицы. Это связано с тем, что в нем для получения изображения используют видимый свет, длина волны которого составляет 400–700 нм. Из волновой оптики известно, что излучение с длиной волны λ не позволяет различить два объекта, если расстояние между ними значительно меньше λ . Поэтому в оптический микроскоп можно увидеть живые клетки, размер которых составляет микроны (т.е. тысячи нанометров), но более мелкие объекты видны не будут. Для этого требуется излучение со значительно меньшей длиной волны.

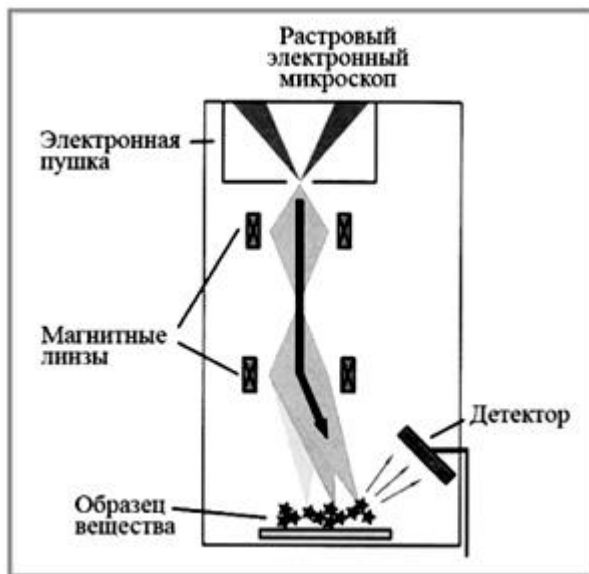
Выход был найден в начале 1930-х гг., когда немецкие инженеры Э.Руска и М.Кнолл предложили вместо света использовать поток электронов, которые, как известно, обладают волновыми свойствами, причем движущемуся электрону соответствует определенная длина волны, которая зависит от его энергии. В 1931 г. Руска и Кнолл создали первый *электронный микроскоп*, способный увеличивать изображение всего в 400 раз, однако он уже воплощал все принципы, используемые и в современных приборах. В настоящее время с помощью электронных микроскопов можно добиться увеличения в 90 млн раз и добиться пространственного разрешения в 0,06 нм, что меньше размера большинства атомов. Устройства оптического и электронного микроскопа имеют много общего. Они состоят из источника излучения, системы фокусировки излучения на изучаемом объекте и регистрирующего устройства – детектора. В электронном микроскопе в качестве источника электронов используется электронная пушка, для фокусировки пучка электронов применяют электромагнитные линзы, а в качестве детектора – люминесцентный экран.



Сравнение оптического и электронного микроскопов

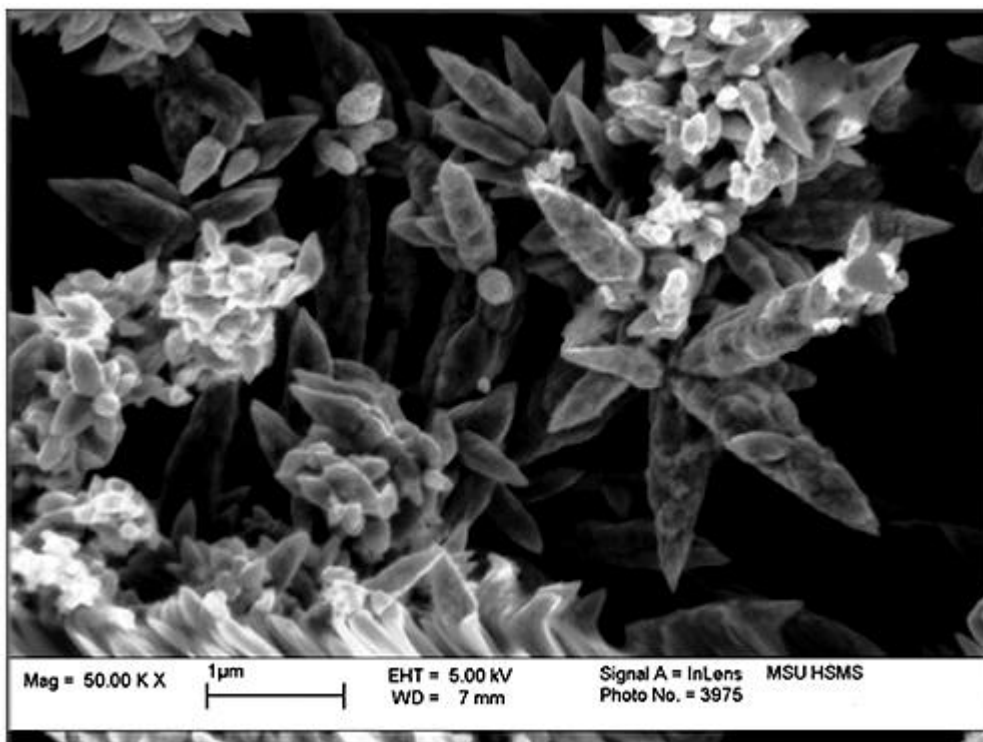
По методике измерения различают просвечивающие и сканирующие (растровые) электронные микроскопы. Они дают различную информацию об объекте и часто используются совместно. В *просвечивающем электронном микроскопе* (ПЭМ) пучок электронов проходит через очень тонкий (< 100 нм) слой вещества, давая информацию о его внутренней микроструктуре. Микроскоп представляет собой устройство, состоящее из длинной широкой трубы – электронной пушки, конденсора (электронная линза) и люминесцентного экрана, соединенного с фотокамерой или компьютером, на котором и возникает изображение. Электронная пушка содержит вольфрамовую нить, раскаляемую добела электрическим током. При такой температуре атомы вольфрама начинают испускать электроны. Весь путь электронов от пушки до объекта проходит в высоком вакууме, т.к. электроны ионизируют любой газ. В более мощных микроскопах электроны генерируют при помощи кристалла кремния, находящегося в сильном электрическом поле. Объект помещают на предметный столик не в виде куска, а в форме пленки или тонкого среза. При работе микроскопа объект просвечивают пучком электронов. Часть электронов, взаимодействуя с атомами вещества, отклоняется, попадая в системы магнитных линз, которые и формируют на люминесцентном экране изображение внутренней структуры объекта. Рассеянные электроны задерживают при помощи диафрагм, позволяющих регулировать контрастность изображения. Заметим, что все микрофотографии по сути своей черно-белые, они не способны передавать цвет, хотя исследователи часто придают им ту или иную окраску. Поскольку электроны поглощаются молекулами, входящими в состав воздуха, то в пространстве, через которое проходит электронный пучок в микроскопе, создают вакуум. Образец также помещают в отсек, который вакуумируют,

т.е. откачивают из него воздух специальным насосом. Электронный микроскоп – очень дорогое оборудование, он доступен лишь крупным исследовательским лабораториям.



Устройство сканирующего (растрового) электронного микроскопа

В отличие от просвечивающих, *сканирующие электронные микроскопы* (СЭМ) строят изображение внешней поверхности образца, сканируя ее с помощью электронного луча, сжатого магнитными линзами до размера порядка 5 нм. После взаимодействия луча с поверхностью электроны рассеиваются и попадают на детектор, регистрирующий сигнал и преобразующий его в изображение поверхности. Интенсивность сигнала зависит от рельефа поверхности, размера частиц и их химического состава. Все это можно определять с помощью сканирующего электронного микроскопа.



Изображение поверхности оксида цинка, осажденного на золотой подложке. Изображение получено на сканирующем электронном микроскопе

Существуют и другие виды сканирующих устройств. Впервые созданный в 1981 г. *сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)* содержит миниатюрный *зонд* – тончайшую иглу из золота, которая скользит по исследуемой поверхности образца. Кончик этой иглы настолько тонкий, что состоит всего из одного атома! Именно он и приближается к образцу на расстояние около одного нанометра. На поверхности иглы возникает небольшой положительный заряд, поэтому электроны с поверхности образца переходят на зонд. При этом зонд не соприкасается с поверхностью, хотя и сильно приближен к ней. Такое явление беспрепятственного прохождения частиц через потенциальный барьер называют *туннельным эффектом*. Зонд сканирует поверхность, перемещаясь над образцом при помощи специальных миниатюрных двигателей, способных задавать шаг вплоть до 0,01 нм. Обычно зонд перемещают вдоль поверхности на постоянной высоте, при этом фиксируют изменение величины туннельного тока, т.е. потока электронов через зонд. Его и преобразуют в изображение поверхности. В другом методе кончик зонда перемещают вдоль поверхности образца таким образом, чтобы туннельный ток был постоянен, при этом фиксируют изменение расстояния от зонда до поверхности. Траектория движения острия зонда также отображает поверхность образца.

В *атомно-силовом микроскопе (АСМ)*, устроенном аналогично СТМ, вместо туннельного тока измеряют силу вандерваальсового отталкивания зонда от поверхности образца. Зонд имеет нанометровые размеры и закреплен на микропружине – *кантилевере*.



Схематическое изображение и электронная микрофотография типичного кантилевера с зондом

Силовое взаимодействие конца зонда с изучаемым нанобъектом приводит к изгибу кантилевера, который обычно детектируется с помощью оптической системы, выполненной по схеме оптического рычага. В этой схеме изгиб кантилевера приводит к перемещению пятна отраженного лазерного луча на четырехсекционном фотодиоде. Это перемещение изменяет соотношение фототоков от различных секций, которое измеряется с помощью электронных схем.

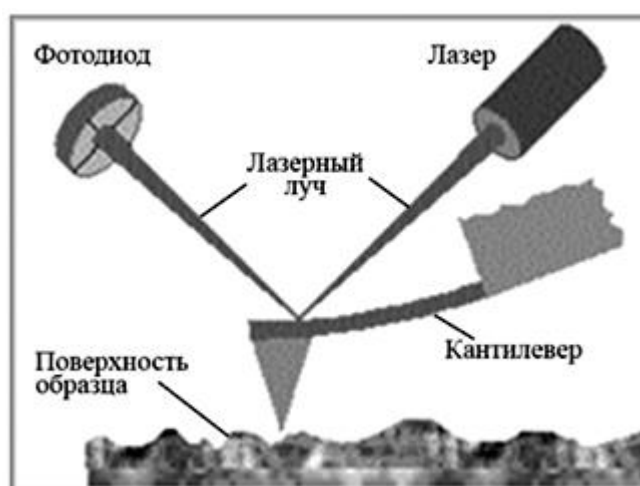
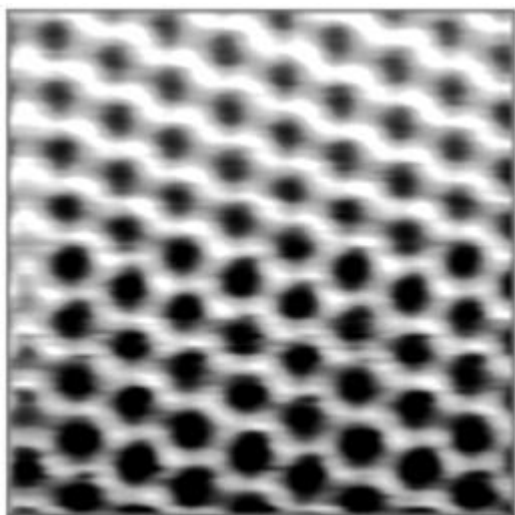


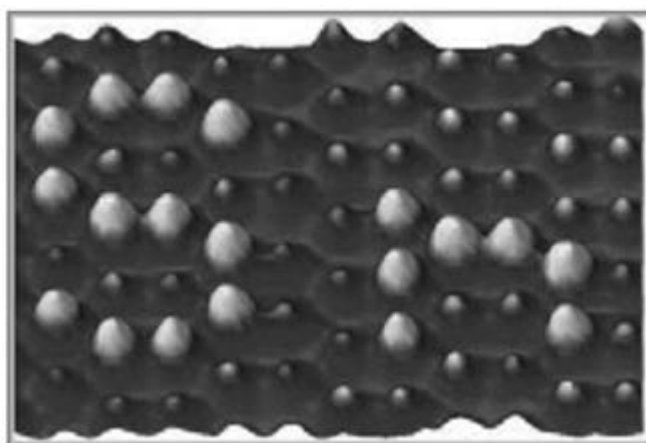
Схема системы детектирования изгиба кантилевера оптической системой

Самым простым режимом работы АСМ является измерение нанорельефа поверхности. При этом образец перемещается под зондом по заданной траектории, а с помощью оптической системы детектирования измеряется изгиб кантилевера (и сила взаимодействия конца зонда с наночастью поверхности). Пространственное разрешение АСМ зависит от размера кантилевера и кривизны его острия и, в принципе, может превышать разрешение СЭМ. В отличие от последнего, АСМ не требует сверхвысокого вакуума и может работать в обычной воздушной или даже жидкой среде, что позволяет изучать биологические объекты. К недостаткам АСМ относится то, что по скорости сканирования они значительно уступают СЭМ.



АСМ-изображение поверхности графита. Размер изображения (2x2) нм²

С помощью АСМ можно не только изучать расположение атомов на поверхности образца, но и изменять саму структуру поверхности. Для этого можно использовать физическое взаимодействие зонда с поверхностью, индуцировать с помощью зонда ее электрохимическое окисление или, используя взаимодействие поверхностных атомов с зондом, механически перемещать их с места на место, осуществляя тем самым процесс литографии на наноуровне. В 2005 г. ученые из Японии (*Sugimoto Y. e.a. Nature Materials, 2005, v. 4, p. 156–159*), используя сверхвысоковакуумный АСМ, построили изображение химического символа олова, состоящее из 120 атомов этого элемента, нанесенных на поверхность германия. Изображение получено при комнатной температуре.



Пример АСМ-нано­лито­графии. Размер изображения (7,7x4,8) нм²

Помимо различных видов микроскопии для исследования нанообъектов используют и многие другие физические методы, такие, как рассеяние рентгеновских лучей, спектроскопия, масс-спектрометрия. Различные методы хорошо дополняют друг друга, и можно утверждать, что в настоящее время существует возможность детально описывать реальную структуру

наночастиц с высоким пространственным разрешением. Однако экспериментальное оборудование для подобных исследований настолько дорогое, что зачастую недоступно даже крупным исследовательским центрам. В этом случае на помощь приходят так называемые Центры коллективного пользования, поддерживаемые содружеством заинтересованных организаций. Один из таких центров действует в Московском университете, он объединяет усилия трех факультетов – химического, физического и факультета наук о материалах. Услугами центра бесплатно могут пользоваться все организации, которые проводят исследования в рамках федеральных целевых программ.

1.6. Нанохимия и катализ

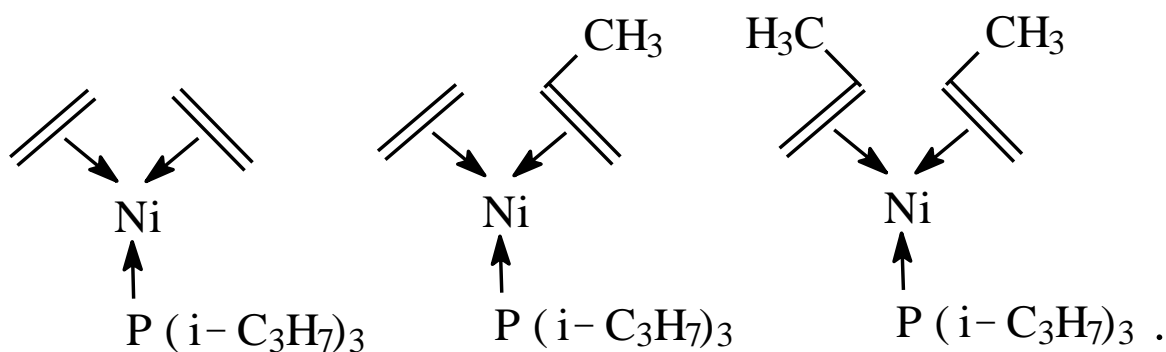
Описано получение наночастиц платины, палладия, родия и иридия и их применение в каталитических реакциях гидрирования циклооктена, 1-додецена и орто-хлорнитробензола [25]. Для получения наночастиц соли металлов восстанавливали спиртами. Диаметры наночастиц составляли от 0,74 нм у иридия до 2,2 нм у палладия и платины. Наночастицы металлов стабилизировали сополимером 1-винилпирролидона с акриловой кислотой. Гидрирование орто-хлорнитробензола в орто-хлор-анилин при 57 °С протекало с селективностью 97,1 % при конверсии, близкой к 100 %.

Установлена возможность каталитического электрохимического (анодного) окисления CO в CO₂. Катализаторами-переносчиками электронов от CO к поверхности анода служили ансамбли наночастиц золота размером 2-5 нм, покрытые молекулами декантиолов [26]. Из-за своей химической инертности золото до недавнего времени мало интересовало химиков-катализаторов. Положение изменилось, когда ионы Auⁿ⁺ (где 1 ≤ n ≤ 3), закрепленные на поверхности цеолита, оказались активными катализаторами реакции H₂O + CO = H₂ + CO₂ при температуре 60°C [27].

Изучена циклотримеризация ацетилена в бензол на наночастицах Pd_n (1 ≤ n ≤ 30). Сделан вывод, что уже единичный атом Pd, а также частицы Pd₂ и Pd₃ катализируют реакцию циклотримеризации ацетилена при 27°C [22, с.229-230]. Эти результаты позволяют по-новому взглянуть на пионерские исследования в области гомогенного катализа, выполненные 30-40 лет назад [28]. Уже тогда были в мягких условиях осуществлены гомогенно-каталитические реакции полимеризации, димеризации, тримеризации, изомеризации, гидрирования и др. Каталитические комплексы металлов в растворах в то время не называли наночастицами (этот термин стали использовать, когда появились методы измерения размеров частиц), хотя они уже были таковыми. К ним, с позиций современного знания, можно отнести каталитические системы Циглера-Натта для низкотемпературной

полимеризации непредельных углеводородов в растворах, подробно рассмотренные в книге [29]. К наносистемам теперь можно отнести и впервые предложенные в нашей стране гомогенные каталитические системы низкотемпературной димеризации олефинов [30].

Необходимо отметить, что еще Карл Циглер обнаружил «никелевый эффект», т.е. каталитические свойства никеля в растворах. Он называл такой атомизированный никель «голым» или «коллоидным» [31]. Затем ученик Циглера и его последователь Гюнтер Вилке со своим сотрудником Бориславом Богдановичем синтезировали комплекс атомарного никеля с этиленом и изучили его каталитические свойства [32]. В нашей стране были впервые синтезированы смешанные комплексы никеля с этиленом, пропиленом и триизопротилфосфином [33]:



На этих комплексах, как на моделях, был изучен механизм низкотемпературной димеризации олефинов [34,35].

Было установлено, что активными катализаторами димеризации олефинов являются различные комплексы никеля на твёрдых носителях, частично восстановленные добавками небольших количеств алюминийорганических соединений [36]. В свете современных представлений это – типичные нанокатализаторы. Более того, удалось обнаружить, что активным катализатором димеризации олефинов (даже без добавок алюминийорганических соединений) становится обычный хлорид никеля на алюмосиликатном носителе, прогретый при высокой температуре под вакуумом или в атмосфере инертного газа. Его активность настолько велика, что димеризация этилена и пропилена протекает уже при комнатной температуре и атмосферном давлении. Эта интересная работа [37] была проведена в ярославском НИИМСК совместно с лабораторией академика Бориса Александровича Долгопоска в ИНХС АН СССР (Москва). В

дальнейшем было выяснено, что при такой термической активации от некоторых молекул NiCl_2 отрывается атом хлора. Образующиеся наночастицы субхлорида никеля NiCl дают характерный сигнал в спектре ЭПР. Будучи стабилизированными за счёт фиксации на твёрдой алюмосиликатной подложке, они и вызывают димеризацию олефинов при мягких условиях.

Аналогичные эффекты, которые с нынешних позиций можно назвать каталитическими «наноэффектами», были обнаружены в реакциях жидкофазного диспропорционирования (метатезиса) олефинов на гетерогенных катализаторах. В изобретении [38] было найдено, что при частичном восстановлении обычного алюмо-молибденового катализатора добавками алюминийорганических соединений он становится активным в реакции метатезиса уже при комнатной температуре. Благодаря мягким условиям впервые удалось осуществить на этом катализаторе реакции этенолиза и пропенолиза гексенов.

Похожие наблюдения были сделаны и в каталитических реакциях жидкофазного селективного гидрирования. Интересно, что комплекс атомизированного палладия с трифенилфосфином, который сам по себе не является катализатором, приобретает исключительно высокую активность и селективность как гомогенный катализатор гидрирования циклопентадиена в циклопентен при кратковременном нагревании комплекса до $80\text{--}100^\circ\text{C}$ с последующим охлаждением в толуольном растворе [39]. В данном случае, в результате частичной термической диссоциации комплекса, толуольный раствор приобретал красно-коричневую окраску, оставаясь прозрачным в течение многих часов. Сегодня можно с уверенностью утверждать, что в работе [39] получался очень активный «коллоидный» палладий, стабилизированный оставшимся координированным трифенилфосфином. Такой раствор напоминает раствор «коллоидного никеля», с которым работал в своё время Карл Циглер. С современных позиций эти растворы ультрадисперсных металлов, стабилизированных органическими лигандами, относятся к каталитическим наносистемам.

Таким образом, наблюдаемое ныне активное «вторжение» наночастиц в катализ хорошо подготовлено предыдущими фундаментальными исследованиями, в том числе – выполненными в нашей стране. Эти исследования предвосхитили многое из того, что сегодня известно о роли нанохимии в катализе. Продолжением и развитием этих исследований стала совместная работа, выполненная учёными Ярославского государственного технического университета и Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова [40]. В ней был приготовлен высокоактивный наноплатиновый катализатор на носителе – силикагеле. Был разработан метод получения такого катализатора путём термического разложения фосфиновых и фосфитных комплексов нульвалентной платины в контролируемых условиях. Полученный катализатор оказался настолько активным, что впервые позволил осуществить каталитическую

дегидроциклизацию н-пентенов и даже н-пентана в циклопентадиен, которая до этого считалась практически невозможной.

Интересным применением катализа в нанотехнологии является расщепление воды при помощи наностержней как альтернатива традиционному электролизу.

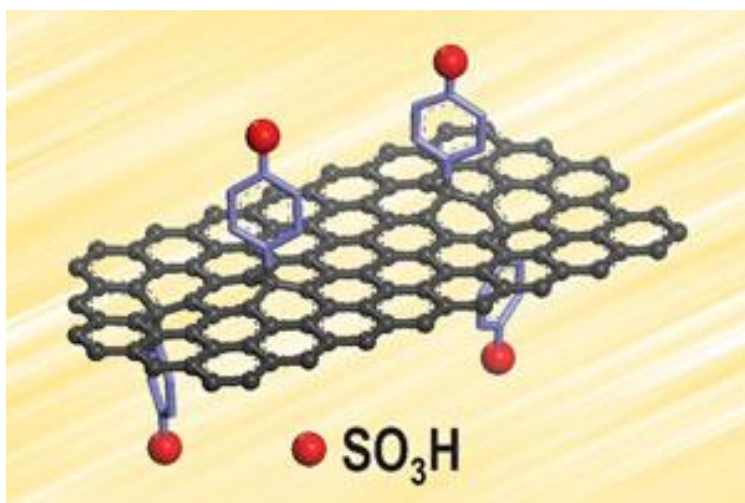


Солнечный свет и вода – источники энергии будущего

Согласно исследованию американских ученых, важным шагом в направлении химических устройств хранения солнечной энергии являются нанопровода, которые эффективно расщепляют воду на кислород и водород. Вода и свет являются неиссякаемыми на Земле, и природа использует их для производства энергии путем фотосинтеза. Несмотря на интенсивное изучение фотолиза, создать его искусственно с такой же эффективностью, как природного, достаточно трудно. Электроды на основе диоксида титана являются одним из путей расщепления воды под действием ультрафиолетового (УФ) излучения, но их эффективность достаточно скудная, ввиду того, что диоксид титана способен поглощать только УФ-излучение, а остальная световая радиация конвертируется в энергию с несущественным КПД. Хонгкун Парк с коллегами из Гарвардского университета, синтезировали нанопровода на основе TiO_2 с большой площадью поверхности, поместили их на электрод и обнаружили, что химическое связывание увеличивает их оптическую плотность, позволяя поглощать больше света. По словам Парка, такое усовершенствование позволяет проводить конверсию световой энергии в два раза эффективнее, по сравнению с предыдущими электродами. Допирование сети нанопроводов наночастицами серебра или золота позволяет проводить реакцию расщепления воды под действием видимого света. Это может привести к существенному усовершенствованию каталитической возможности расщепления воды. Парк отмечает, что их работа показывает, что

производительность материала может быть улучшена помещением его в наноструктурированную сеть, и такой метод может быть применен ко многим другим материалам, для достижения высокоэффективного расщепления воды при помощи солнечной радиации.

Нанотехнологии способны сказать новое слово и в кислотном катализе. Ученые из Китая считают, что концентрированную серную кислоту сможет заменить сульфированный графен. В отличие от серной кислоты этот катализатор может быть отделен от реакционной смеси и использован повторно.



Изучение каталитической активности полученного материала в реакции гидролиза этилацетата показало, что его активность сравнима с активностью концентрированной серной кислоты и превосходит активность нафiona NR50 (*Nafion NR50*), коммерчески доступного твердого катализатора.

Для большинства твердых катализаторов характерно отравление кислотных центров за счет взаимодействия с водой, однако графеновый кислотный катализатор сохраняет стабильность в водной среде и может быть использован повторно без потери активности, при этом не возникают трудности, характерные для отделения от реакционной смеси сернокислотного катализатора и последующей утилизации кислотных стоков. Отмечается, что графену присущи уникальные механические свойства и большая площадь поверхности – и то и другое является следствием его строения – двумерной кристаллической решетки. Такой материал представляет собой идеальную платформу для прививки большого количества кислотных функциональных групп. Так как реагенты могут

подходить и закрепляться с обеих сторон графенового листа, для каталитического материала, полученного сульфированием графена, практически все активные сульфоцентры будут доступны для подхода реагента.

1.7. Органические соединения с функциональными группами в нанохимии

Традиционная химия основана на ковалентных связях между атомами. В то же время для синтеза сложных наносистем и молекулярных устройств, используемых в нанотехнологиях, возможностей одной ковалентной химии недостаточно, ведь такие системы могут содержать несколько тысяч атомов. На помощь приходят межмолекулярные взаимодействия — именно они помогают объединить отдельные молекулы в сложные ансамбли, называемые супрамолекулярными структурами.

Простейший пример супрамолекулярных структур — это комплексы типа «хозяин–гость». Хозяином (рецептором) обычно выступает большая органическая молекула с полостью в центре, а гостем — более простая молекула или ион. Например, циклические полиэферы различного размера (краун-эферы) довольно прочно связывают ионы щелочных металлов. Для супрамолекулярных структур характерны следующие свойства.

1. Наличие не одного, а нескольких связывающих центров у хозяина. В краунэфирах эту роль выполняют атомы кислорода, обладающие неподеленными электронными парами.
2. Комплементарность: геометрические структуры и электронные свойства хозяина и гостя взаимно дополняют друг друга. В краун-эфирах это проявляется в том, что диаметр полости должен соответствовать радиусу иона. Комплементарность позволяет хозяину осуществлять селективное связывание гостей строго определенной структуры. В супрамолекулярной химии это явление называют «молекулярным распознаванием» (англ. — *molecular recognition*).
3. Комплексы с большим числом связей между комплементарными хозяином и гостем обладают высокой структурной организацией.

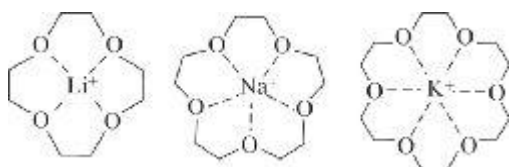
Супрамолекулярные структуры очень широко распространены в живой природе. Все реакции в живых организмах протекают с участием ферментов — катализаторов белковой природы. Ферменты — идеальные молекулы-хозяева. Активный центр каждого фермента устроен таким образом, что в него может попасть только то вещество (субстрат), которое соответствует ему по размерам и энергии; с другими субстратами фермент реагировать не

будет. Другим примером супрамолекулярных биохимических структур служат молекулы ДНК, в которых две полинуклеотидные цепи комплементарно связаны друг с другом посредством множества водородных связей. Каждая цепь является одновременно и гостем, и хозяином для другой цепи.

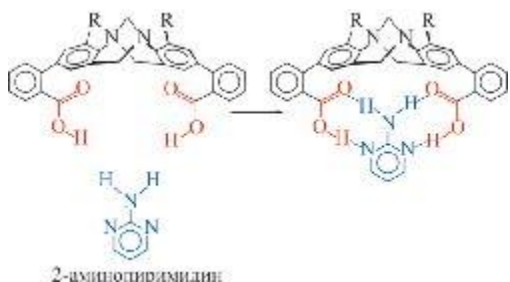
Основные типы нековалентных взаимодействий, формирующих супрамолекулярные структуры: ионные, ион-дипольные, ван-дер-ваальсовы, гидрофобные взаимодействия и водородные связи. Все нековалентные взаимодействия слабее ковалентных — их энергия редко достигает 100 кДж/моль, однако большое число связей между хозяином и гостем обеспечивает высокую устойчивость супрамолекулярных ансамблей. Нековалентные взаимодействия слабы индивидуально, но сильны коллективно. Формирование супрамолекулярных ансамблей может происходить самопроизвольно — такое явление называют самосборкой. Это — процесс, в котором небольшие молекулярные компоненты самопроизвольно соединяются вместе, образуя намного более крупные и сложные супрамолекулярные агрегаты. Основными классами супрамолекулярных соединений являются кавитанды, криптанды, каликсарены, комплексы «гость–хозяин», ротаксаны, катенаны, клатраты. К супрамолекулярным структурам можно также отнести мицеллы, липосомы, жидкие кристаллы.

Методы супрамолекулярной химии находят широкое применение в химическом анализе, медицине, катализе, фотохимии. Супрамолекулярные структуры — основа многих современных технологий, таких, как экстракция биологически активных веществ, создание фото- и хемосенсоров, молекулярных электронных устройств, разработка нанокатализаторов, синтез материалов для нелинейной оптики, моделирование сложных биологических процессов (биомиметика).

Примеры:



Комплексы типа «хозяин–гость», образованные краун-эфиром и ионами щелочных металлов.



Молекулярное распознавание с помощью водородных связей.

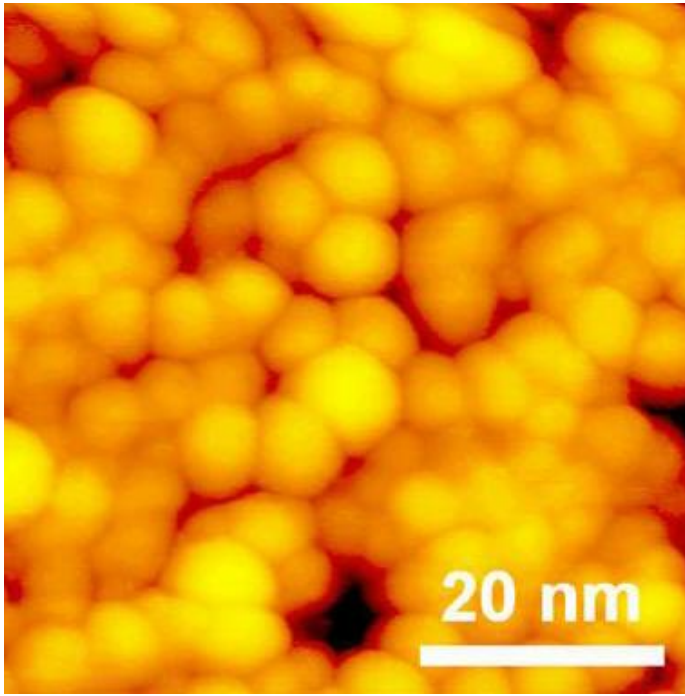
2-аминопиридин

Для синтеза объектов супрамолекулярной химии и, в частности, для использования в качестве полифункциональных лигандов в комплексах типа «хозяин-гость» необходимы подходящие органические соединения с функциональными группами. Этой области химии посвящено немало статей и книг.

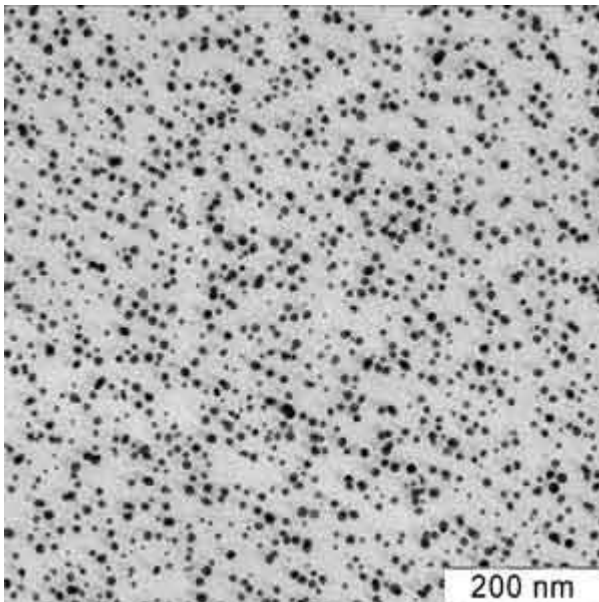


1.8. Металлы в ультрадисперсном состоянии и нанобъекты на их основе

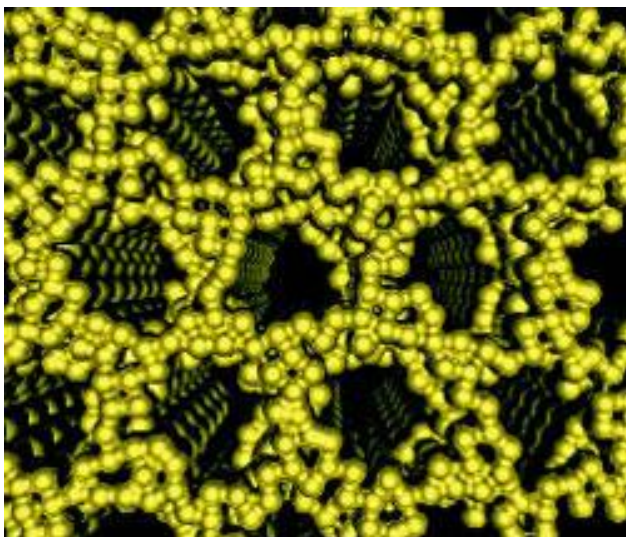
Удивительны по красоте и необычным возможностям для применения металлы в ультрадисперсном состоянии и нанобъекты на их основе.



Наночастицы золота <http://www.overclockers.ua/news/102272.jpg>



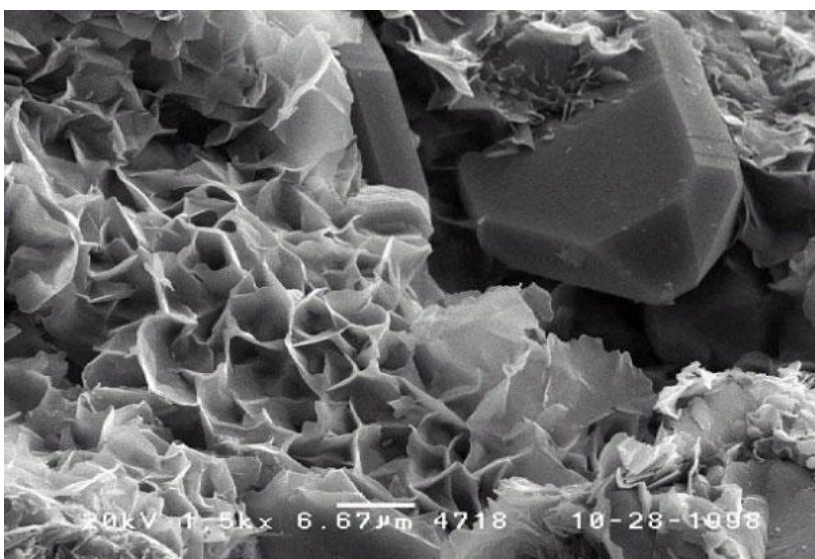
Наночастицы серебра в поле просвечивающего электронного микроскопа
<http://www.nanotech.ru/pages/about/image/ag-3.jpg>



Пористая платина, полученная из наночастиц

<http://www.chemport.ru/newsimages/1214909112be4c7.jpg>

Одним из самых интересных металлических нанобъектов является коллоидное серебро. Изучение целительного действия коллоидного серебра началось со второй половины XIX века после открытия в 70-х годах немецким гинекологом Карлом Креде мощного антигонобленорейного эффекта у 1%-ного раствора азотнокислого серебра. Это открытие позволило ликвидировать в родильных домах Германии гнойные гонорейные воспаления глаз у новорожденных. Фактически с этого момента началась новая эпоха в учении о профилактике опасных бактериальных инфекций.



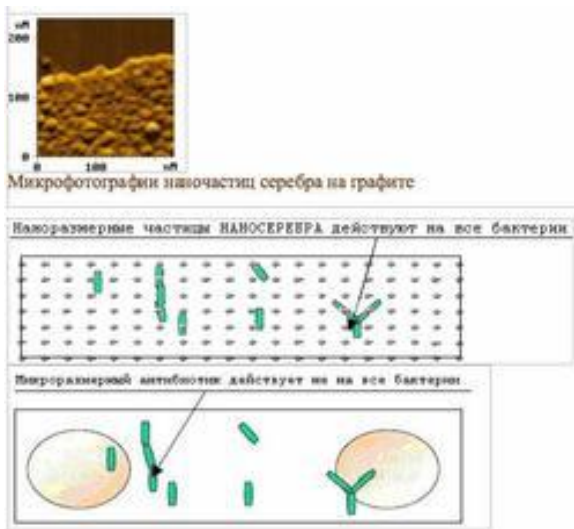
Микрофотографии наночастиц серебра

23 августа 1897 г. немецкий хирург Бенне Креде, продолжив исследования своего отца, доложил на XII Международном съезде врачей в Москве о широких возможностях применения препаратов серебра в гнойной хирургии и о хороших результатах лечения септической инфекции внутривенным их введением. Тогда же Б. Креде совместно с химиками предложил препараты, содержащие серебро в неионизированном состоянии: в виде коллоидных частиц металлического серебра (препарат колларгол) и золя окиси серебра (препарат протаргол), модификации которых прослужили в медицине более ста лет. В отличие от ранее применяемых солей серебра они не обладали прижигающим эффектом. В России коллоидное серебро также получило высокую оценку врачей, что способствовало его активному использованию в военно-полевой хирургии на полях русско-японской войны 1904 г. Серебро в форме внутривенного введения с успехом применялось при лечении септических артритов, ревматизма, ревматических эндокардитов, ревматоидного артрита, бронхиальной астмы, гриппа, острых респираторных заболеваний, бронхита, пневмоний, гнойных септических заболеваний, бруцеллеза, внутрь - при лечении гастритов, анастомозитов и гастродуоденальных язв, наружно - при лечении венерических заболеваний, гнойных ран и ожогов. Широкий спектр противомикробного действия серебра, отсутствие устойчивости к нему у большинства патогенных микроорганизмов, низкая токсичность, отсутствие в литературе данных об аллергических свойствах серебра, а также хорошая переносимость больными - способствовали повышенному интересу к серебру во многих странах мира.

В 1910 г. фирма «Гейден», обобщив опыт практического применения серебра в медицине, издала аннотационный обзор, посвященный методике лечения различных инфекционных заболеваний: абсцессов, брюшного тифа, возвратного тифа, воспаления легких, придаточных пазух носа, среднего уха, гингивита, гонококкового сепсиса, дифтерийной жабы, дизентерии, кератита, конъюнктивита, лепры, мягкого шанкра, мастита, менингита, эпилепсии, пиемии, рожистого воспаления, сибирской язвы, сифилитических язв, спинной сухотки, острого суставного ревматизма, трахомы, фарингита, фурункулеза, цистита, эндокардита, эндометрита, хореи, эпидидимита, язвы роговой оболочки. С открытием антибиотиков и сульфаниламидов интерес к препаратам серебра несколько снизился. Но в последнее время противомикробные свойства серебра вновь стали привлекать к себе внимание. Это связано с ростом аллергических осложнений антибактериальной терапии, токсическим действием антибиотиков на внутренние органы и подавлением иммунитета, возникновением грибкового поражения дыхательных путей и дисбактериоза после длительной антибактериальной терапии, а также появлением устойчивых штаммов возбудителей к используемым антибиотикам.

Повышенный интерес к серебру возник вновь в связи с выявленным его действием в организме как микроэлемент, необходимого для нормального функционирования органов и систем, иммунокорректирующими, а также мощными антибактериальными и противовирусными свойствами. Эффективность бактерицидного действия коллоидного серебра объясняется способностью подавлять работу фермента, с помощью которого обеспечивается кислородный обмен у простейших организмов. Поэтому чужеродные простейшие микроорганизмы гибнут в присутствии ионов серебра из-за нарушения снабжения кислородом, необходимого для их жизнедеятельности. Современные исследования действия коллоидных ионов серебра показали, что они обладают выраженной способностью обезвреживать вирусы осповакцины, некоторые штаммы вируса гриппа, энтероиды аденовирусов. К тому же они оказывают хороший терапевтический эффект при лечении вирусного энтерита и чумы у собак. При этом выявлено преимущество терапии коллоидным серебром по сравнению со стандартной терапией. Отмечено благотворное действие коллоидных ионов серебра на заживление трофических язв, развивающихся при нарушении кровообращения нижних конечностей. Ни в одном случае не было отмечено побочных эффектов лечения серебром.

Создание и использование наноразмерных частиц различных металлов - одна из быстро развивающихся областей современной нанотехнологии. Наноматериал, уже сегодня находящий применение в различных коммерческих продуктах – это именно наносеребро. Как известно, серебро - самый сильный естественный антибиотик из существующих на земле. Доказано, что серебро способно уничтожить более чем 650 видов бактерий, поэтому оно используется человеком для уничтожения различных микроорганизмов на протяжении тысячелетий, что свидетельствует о его стабильном антибиотическом эффекте. Коллоидное наносеребро - продукт, состоящий из микроскопических наночастиц серебра, взвешенных в деминерализованной и деионизированной воде. Этот продукт высоких научных технологий производится электролитическим методом.



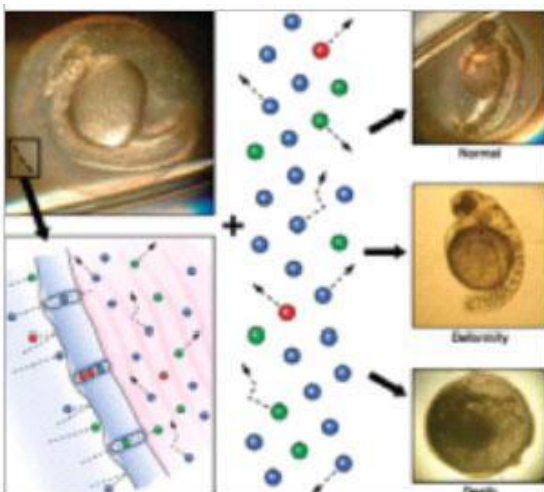
Микрофотографии наночастиц серебра на графите

Типичные наночастицы серебра имеют размеры 25 нм. Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, значительно улучшая его бактерицидные действия. Таким образом, применение серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра с сохранением всех бактерицидных свойств. Бактерицидная добавка на основе наночастиц серебра является одним из последних достижений отечественной науки в области нанобиотехнологий. Действие серебра специфично не по инфекции (как у антибиотиков), а по клеточной структуре. Любая клетка без химически устойчивой стенки (такое клеточное строение имеют бактерии и другие организмы без клеточной стенки, например, внеклеточные вирусы) подвержена воздействию серебра. Поскольку клетки млекопитающих имеют мембрану совершенно другого типа (не содержащую пептидогликанов), серебро никаким образом не действует на них.

В связи со способностью особым образом модифицированных наночастиц серебра длительное время сохранять бактерицидные свойства, рационально использовать наносеребро не в качестве дезинфицирующих средств частого применения, а добавлять в краски, лаки и другие материалы, что позволяет экономить деньги, время и трудозатраты. Ведущей российской компанией по исследованию свойств наносеребра и использованию его в лакокрасочной продукции является ООО "НПО ФАЛЬКО". Водоземulsionные краски и эмали с наносеребром серии "ЭКОБИО" были исследованы на сильнодействующих штаммах бактерий: сальмонелла, палочка Коха, стафилококк, листерия, энтерококк т.д. В результате

проведенных исследований была доказана их высокая эффективность - при попадании на поверхность, покрытую такой краской, концентрация бактерий сразу же снижается на 0,5-2 порядка, а полная гибель колонии происходит через 2 часа. В исследовании свойств красок принимали участие: Российская Академия медицинских наук, Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи, Институт электрохимии им. А.П. Фрумкина и ООО "НПО ФАЛЬКО".

Американские учёные проследили транспорт отдельной наночастицы серебра в эмбрионе рыбки - полосатого данио и исследовали влияние наночастиц серебра на раннее эмбриональное развитие. Для этого были использованы высокоочищенные и устойчивые наночастицы и оптика высокого разрешения для наблюдения за их положением внутри эмбриона. Было установлено, что отдельная наночастица Ag (5—46 нм диаметром) транспортируется внутрь эмбриона через каналы пор хориона с помощью броуновского движения (а не активным транспортом) с коэффициентом диффузии внутри канала ($3 \times 10^{-9} \text{ см}^2/\text{с}$), что в ~ 26 раз ниже чем в яйце ($7,7 \times 10^{-8} \text{ см}^2/\text{с}$).



Изображение наночастиц серебра

Ученые наблюдали за наночастицами серебра внутри эмбрионов на разных стадиях их развития: развитом, деформированном и мертвом. По результатам наблюдений было показано, что биологическая совместимость и токсичность наночастиц серебра сильно зависят от дозы наночастиц с критической концентрацией 0,19 нм. Скорости распространения и накопления наночастиц в эмбрионах, вероятно, ответственны за степень токсичности наночастиц. В отличие от других методов исследования, отдельная наночастица может быть непосредственно отображена в развивающихся эмбрионах в нанометровом разрешении. Этот метод предлагает новые возможности исследовать события в реальном времени, приводящие к отклонениям в развитии эмбрионов.

Физические свойства наночастиц серебра отличаются от свойств того же серебра (например, уменьшение размеров частицы приводит к уменьшению ее температуры плавления). Технологи научились изготавливать наночастицы различных размеров, формы и химического состава. А вот контролировать число и тип дефектов в наночастицах они пока не умеют. Поэтому в вопросе о влиянии дефектов на характеристики наночастиц остается много нерешённых вопросов. Между тем известно, что наличие дефектов может приводить к весьма существенному изменению свойств наночастиц. Учёные Университета Мэриленд (University of Maryland, США) разработали технологию, которая позволяет изготавливать наночастицы серебра, имеющие одинаковый размер, но при этом являющиеся либо монокристаллическими, либо содержащими большое количество двойников – областей с различной ориентацией кристаллографических осей. Границы раздела между такими областями являются дефектами особого рода (так называемыми дефектами двойникования). Эта технология основана на использовании для синтеза наночастиц различных полимерных предшественников – трифенилфосфина серебра $(PPh_3)_3Ag-R$ с разными функциональными группами $R = Cl$, и $R = NO_3$. Если при $R = NO_3$ из зародышей вырастают двойникованные НЧ, то при $R = Cl$ – бездвойниковые. Механизм образования наночастиц серебра со специфической особенностью ионов Cl блокировать образование двойников. При этом средний размер наночастиц составил 10.5 нм.

Исследования показали, что физико-химические свойства этих двух типов наночастиц существенно различаются. Например, при взаимодействии с селеном из бездвойниковых наночастиц получались полые наночастицы Ag_2Se , а из двойникованных – сплошные однородные наночастицы. Это объясняется тем, что различие коэффициентов диффузии атомов Ag и Se по кристаллической решетке способствует формированию вакансий (скопление которых в итоге и образует полость внутри НЧ), тогда как атомы Se , перемещающиеся не по решетке, а по границам двойников, легко проникают в разделенные этими границами области Ag , в результате чего образуется однородная наночастицы Ag_2Se . В двойникованных наночастицах имеет место гораздо более быстрое охлаждение электронной подсистемы после воздействия лазерного импульса (вследствие передачи энергии решетке). Это говорит о том, что границы двойников усиливают электрон-фононное взаимодействие, которое можно регулировать путем изменения концентрации дефектов в наночастицах.

Наночастицы серебра могут быть использованы для модификации традиционных и создания новых материалов, покрытий, дезинфицирующих и моющих средств (в том числе зубных и чистящих паст, стиральных порошков, мыла), косметики. Покрытия и материалы (композитные,

текстильные, лакокрасочные, углеродные и другие), модифицированные наночастицами серебра, могут быть использованы в качестве профилактических антимикробных средств защиты в местах, где возрастает опасность распространения инфекций: на транспорте, на предприятиях общественного питания, в сельскохозяйственных и животноводческих помещениях, в детских, спортивных, медицинских учреждениях. Наночастицы серебра можно использовать для очистки воды и уничтожения болезнетворных микроорганизмов в фильтрах систем кондиционирования воздуха, в бассейнах, душах и других подобных местах массового посещения.

Выпускается аналогичная продукция и за рубежом. Одна из фирм производит покрытия с серебряными наночастицами для лечения хронических воспалений и открытых ран. Коллоидное серебро является безопасным и самым мощным для организма человека натуральным антисептиком, подавляющим более 700 видов болезнетворных микроорганизмов, среди которых стафилококки, стрептококки, бактерии дизентерии, брюшного тифа и др. Доказано, что вода, зараженная высокими концентрациями бактерий Флекснера (дизентерии), Эберта (брюшного тифа), стафилококка, стрептококка и др., становилась стерильной через один-два часа после введения в нее серебра в количестве до 1 мг/л и сохранялась в течение многих дней. Препарат активно участвует в снижении жизнедеятельности и прекращении размножения чужеродных для организма бактерий, вирусов, грибков и паразитов, стимулирует защитные механизмы. При этом он не влияет на дружественную микрофлору организма. В то же время все болезнетворные бактерии и вирусы погибают в течение 6 минутного контакта с коллоидным серебром.

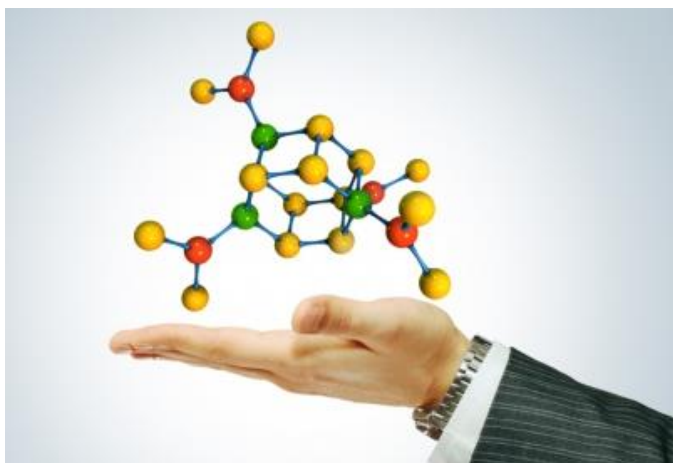
Литература к разделу 1

1. Grave Ch., Schluter A.D. "Eur.J.Org.Chem.", 2002, №18, p.3075-3098.
2. Kromer J., Rios-Carreras I., Fuhrmann G. et al. "Angew.Chem.Intern.Ed.", 2000, vol. 39, p.3481-3486; Fuhrmann G., Kromer J., Bauerle P. "Synth. Metals", 2001, vol. 119, p.125-126.
3. Agarwal N., Hung C.-H., Ravikanth M. "Eur.J.Org.Chem.", 2003, №19, p.3730-3734.
4. Degirmencioglu I., Karabocek S., Karabocek N. et al. "Monatsh. Chem.", 2003, vol. 134, №6, p.875-881.
5. Tomalia D.A., Baker H., Dewald J. "Polymer Journal", 1985, vol. 17, p.117-132.
6. Newkome G.R., Yao Z.-Q. et al. "Journ.Org.Chem.", 1985, vol. 50, p.2003.
7. Xia Ch., Fan X., Locklin J. et al. "Organic Letters", 2002, vol. 4, №12, p.2067-2070.
8. Bosman A.W., Janssen H.M., Meijer E.W. "Chem. Rev.", 1999, vol. 99, №7, p.1665-1688.
9. Tomalia D.A., Frechet J.M.J. "J.Polymer Sci., A", 2002, vol. 40, №16, p.2719-2728; Frechet J.M.J. "Proc.Nat.Acad.Sci.USA", 2002, vol. 99, №8, p.4782-4787.
10. Gatard S., Nlate S., Cloutet E. et al. "Angew.Chem.Intern.Ed.", 2003, vol. 42, №4, p.452-456.
11. Kroto H.B., Heath J.R., O'Brien S.C. et al. "Nature", 1985, vol. 318, p.162.
12. Kratschmer W., Lamb L.D., Fostiropoulos K., Hoffmann D.R. "Nature", 1990, vol. 347, p.354.
13. Takaguchi Y., Katayose Y., Yanagimoto Y. et al. "Chem.Lett.", 2003, vol. 32, №12, p.1124-1125.
14. Iijima S. "Nature", 1991, vol. 354, p.56.
15. Ивановский А.Л. «Успехи химии», 1999, т.68, с.119-135.
16. Покропивный В.В. «Порошковая металлургия», 2001, №9/10, с.50-63.

17. "Keram. Z.", 2003, Bd. 55, №1, S. 40.
18. "Galvanotechnik", 2003, Bd. 94, №1, S. 238.
19. Link S., Wang Z.L., El-Sayed M.A. "J.Phys.Chem., B", 2000, vol. 104, p.7867-7870.
20. Hong Y., Xiaoling L., Ruxiu C. "Luminescence", 2002, vol. 17, №4, p.262.
21. Nandi A., Dutta-Gupta M., Banthia A.K. "Materials Letters", 2002, vol. 52, №3, p.203-205.
22. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М., 2003.
23. Беляков А.В. Методы получения неорганических наночастиц. – М., 2003.
24. Бучаченко А.Л. «Успехи химии», 2003, т.72, №5, с.419-437.
25. Tu W., Liu H., Liew K.Y. "J.Colloid and Interface Sci.", 2000, vol. 229, p.453-461.
26. MaYe M.M., Lou Y., Zhong C.-I. "Langmuir.", 2000, vol. 16, p.7520-7523.
27. Mohamed M.M., Salama T.M., Ichikawa M. "J.Colloid and Interface Sci.", 2000, vol. 224, p.336-371.
28. Аспекты гомогенного катализа. Пер. с англ. под ред. М.Е.Вольпина. – М., 1973.
29. Корнеев Н.Н., Попов А.Ф., Кренцель Б.А. Комплексные металлоорганические катализаторы. – Л., 1969.
30. Фельдблюм В.Ш. Димеризация и диспропорционирование олефинов. – М., 1978.
31. Алюминийорганические соединения. Пер с нем. – М., 1962.
32. Bogdanovic B., Wilke G. "Brennstoff-Chemie", 1968, Bd. 49, №11, S. 323-329.
33. Петрушанская Н.В., Курапова А.И., Фельдблюм В.Ш. «ДАН СССР», 1973, т. 211, №3, с.606-607.
34. Петрушанская Н.В., Курапова А.И., Фельдблюм В.Ш. «Журн.орг.химии», 1973, т. 9, №12, с. 2620-2622.
35. Петрушанская Н.В., Курапова А.И., Фельдблюм В.Ш. «Кинетика и катализ», 1976, т. 17, №1, с.262-263.
36. Фельдблюм В.Ш., Баранова Т.И., Петрушанская Н.В. и др. Авт.свид.СССР №382598 (1971); Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1973, №23, с.55.
37. Фельдблюм В.Ш., Долгопоск Б.А., Тинякова Е.И., Маковецкий К.Л. «Журн.орг.химии», 1972, т.8, №3, с.650.
38. Фельдблюм В.Ш., Баранова Т.И., Петрушанская Н.В. и др. Авт.свид СССР №422240 (1971); Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1974, №25, с.173.
39. Коновалова Т.В. Дисс. На соискание уч.ст. канд.техн.наук. – Ярославский политехнический институт, Ярославль, 1979.
40. Фельдблюм В.Ш., Антонова Т.Н., Зефирова Н.С. «Доклады Академии Наук», 2009, т. 424, №4, с.489-492.

2. Нанотехнологии

Фантастические перспективы нанотехнологий позволяют нам заглянуть в будущее и уже сейчас создать основы для максимально комфортной жизни. Возможно, именно наночастицы приведут к гармонии человека и природы. Уникальность нанотехнологий заключается в том, что сфера применения крайне разнообразна. Крохотные частицы способны делать антибиотики сильнее, создавать новые материалы, такие как нанобумага или искусственная кожа, контейнеры для лучшего сохранения пищи и прозрачные электронные дисплеи. Износостойкость материалов будет уменьшаться, антибактериальные покрытия окажутся незаменимыми в больницах. Всё это поможет выйти на качественно новый уровень жизни. Нанотехнологии позволяют создавать ряд по-настоящему инновационных продуктов. В косметологии это нанокосметика, которая возвращает коже молодость и упругость, перенося наночастицы с полезными веществами во внутренние слои кожи. Что касается экологии и даже освоения космоса, здесь прогнозируется создание нанороботов. Одни будут бороться с загрязнением окружающей среды, помогая сделать производство полностью безотходным, а другие – осваивать космическое пространство, что станет более дешёвым и безопасным методом. Подобные микроскопические роботы могли бы помещаться и в организме человека, для того чтобы регулировать потребности и восстанавливать его изнутри.



Трудно назвать другую область науки и техники, которая развивалась бы столь же стремительно, как нанохимия и нанотехнология. На международной конференции в Австралии в июле 2000 года следующим образом были

расставлены акценты в развитии этой области: фуллерены; углеродные нанотрубки и композиты; органические тонкие пленки и мультислои; фотоника на основе молекулярных объектов; фотоприемники и солнечные источники тока; органические магнетики [1]. За прошедшие 10 лет можно констатировать, что перечень приоритетов и перспективных направлений в рассматриваемой области стал намного шире.

Научно-исследовательская программа стран Европейского Союза на 2003-2006 г.г. имела бюджет 17,5 млрд. долларов. Важнейшими направлениями исследований и разработок были признаны геновая инженерия и биотехнология, наноматериалы и нанотехнологии, изучение космоса, качество и безопасность пищевых продуктов, экологически безопасное производство энергии [2]. Было подчеркнуто, что нанотехнология способна уже в следующем десятилетии оказать определяющее влияние на то, «как мы моем, чистим и едим». Уже сегодня нанотехнологии применяются в пищевой промышленности, а также в производстве моющих и чистящих средств [3].

В швейцарском журнале «Покрытия» была напечатана статья под симптоматическим заголовком «маленькие частицы — большие достижения» [4]. Сообщалось, что на проходившем в мае 2003 года во Франкфурте-на-Майне (Германия) заседании Международного Форума технических инноваций рассматривались вопросы применения нанотехнологии для изготовления сенсоров, биологически активных веществ, различных материалов, медикаментов, катализаторов и пр. Отмечалось лидерство США, Германии и Японии в разработке и применении нанотехнологий. По сообщениям зарубежной печати, рынок новых материалов из наночастиц возрастал в 2001-2005 г.г. с 550 до 900 млн. долларов в год, т.е. в среднем на 13 % ежегодно. К разработке и применению нанотехнологий подключился и Китай. Ещё десять лет назад в зарубежной печати сообщалось о разработке Институтом химии Академии Наук КНР в Пекине новых наноматериалов. Тогда же было решено открыть Национальный научный нанотехнологический центр в Пекине с пятилетним фондом около 300 млн. долларов [5]. Можно не сомневаться, что за минувшее десятилетие разработки в области нанотехнологий в КНР значительно продвинулись. В рамках настоящей книги имеется возможность лишь кратко коснуться основных направлений разработки и применения многочисленных нанотехнологий.

Нанотехнологии открывают новый мир по многим направлениям. Они коренным образом меняют представления об окружающем нас мире. В первую очередь, это возможность перевода всех отраслей промышленного производства на принципиально новый качественный уровень, без огромных по общепринятым нормам капитальных вложений. Во-вторых, это возможность быстро решить накопившиеся проблемы восстановления экологии и как следствие – создать предпосылки к восстановлению здоровья нации. В-третьих - возможность создать высокоэффективную систему

здравоохранения, работающую совместно с «Умными машинами» позволяющими обеспечивать регенерацию систем, органов и тканей организма человека, решать проблемы генетически обусловленных болезней, а также биологического старения. В-четвертых - использование «умных машин» для возобновления источников природных минеральных и углеводородных сырьевых ресурсов страны, проще говоря – возможность организовать процесс ускоренного «выращивания» полезных ископаемых в их естественных природных местах залегания. Недавний пример выращивания нефти доказывает такую потенциальную возможность. Наконец, это решение вопросов безопасности страны на принципиально новом техническом и технологическом уровнях.

Особенностью нанотехнологии является то, что она представляет собой процесс, в котором новая технология или продукт предоставляют новые возможности и лучшие решения, без замены предшествующей технологии или продукта и таким образом придает новую жизнь старым, проверенным временем технологиям. Например: известному всем «аспирину» с помощью нанотехнологии можно придать дополнительные свойства антибиотика, широкого спектра действия или при обычной процедуре обогащения урана получать в большом количестве устойчивый 120-й элемент таблицы Менделеева. Все предыдущие научно-технические революции сводились к тому, что человек все более точно копировал механизмы и материалы, созданные природой. Прорыв в область нанотехнологий - совсем другое дело. Впервые человек будет создавать новую материю, которая природе была неизвестна и недоступна. Фактически наука подошла к моделированию принципов построения живой материи, где действуют неизвестные современной науке законы. Преобладание в науке так называемой «инерции мысли», постоянно сводит понятие «нанотехнологий» к простейшему механистическому подходу: либо к изготовлению ультрадисперсной фазы вещества, либо попыткам чисто механическим путем совместить несовместимое - сложить сложную конструкцию из отдельных атомов, существование которых, в виде отдельных механических моделей, весьма гипотетично. При этом постоянно забывают о принципиальном отличии физических законов действующих в механических и квантовомеханических системах.

Хотя сейчас имеются средства для манипуляций отдельными атомами, но вряд ли их можно "напрямую" применять для того, чтобы собрать что-либо практически необходимую схмотехническую архитектуру, не только из-за принципиального отличия физических законов взаимодействия между размерностями, но и уже хотя бы только из-за количества атомов, которые придется "монтировать". Применение законов механики к нанотехнологиям без учета специфических особенностей ядерной физики и квантовой механики весьма опасное занятие. Прimitивный механистический подход к использованию нанотехнологий, не учитывая их способности к ядерной

трансформации вещества, может иметь катастрофические последствия. История неопровержимо свидетельствует о том, что едва ли все полезные изобретения и научно-технические разработки не только способствуют развитию экономики, но также ставят человечество перед новыми и подчас непредсказуемыми опасностями, особенно связанными с различного рода провокациями из-за не достаточно грамотной оценки возможных последствий.

Создание нанотехнологической индустрии немыслимо без разработки и производства так называемых «промышленно-технологических терминалов» (нанофабрик). Сам технологический процесс производства элементов пико и фемто линейных размерностей очень опасен для здоровья человека и примеры широко известны на работах по получению комнатнотемпературной сверхпроводимости, при проявлении которой наблюдаются явления генерации свободной энергии губительной для человека. Технологический процесс изготовления нанокomпьютерных систем, представляет собой ряд сложнейших операций по разборке вещества, освобождению свободной энергии с дальнейшей сборкой и организацией необходимых физических объектов (кластеров) на основе конкретных систем и схмотехнических решений. Учитывая высочайшую степень опасности производственного процесса, проводится активная работа по созданию полностью автоматической технологической линейки, обеспечивающей в архитектуре «промышленно-технологических терминалов» (нанофабрик) процессы аннигиляции и синтеза вещества при полном исключении непосредственного присутствия человека. В технологической цепочке изготовления физических систем на основе сложнейших ядерных процессов может находиться только разумный управляющий кибернетический организм, именно для этой цели и развивалось научное направление «Живые машины».

Учитывая специфические особенности ядерной физики, квантовой механики и на основании эмпирического опыта, можно сказать, что зарождающаяся сегодня принципиально новая отрасль промышленного производства и всеобъемлющее, основанное на междисциплинарных знаниях научное направление, под названием «нанотехнология», требует особой заботы государства. К сожалению, нанотехнологии в России являются частной собственностью, так как финансировались, развивались и охранялись (как стратегический резерв России, для будущих поколений) частными лицами. В России уже имеется огромный арсенал практически готовых к широкомасштабному производству и внедрению нанотехнологических устройств, способных решать широкий круг важнейших задач, однако создание рынка нанотехнологий значительно отстает от потенциального развития производственного процесса и научно-

технического прогресса. Как сказал один из предвестников нанотехнологической эры, «отец» водородной бомбы, лауреат Нобелевской премии Э. Теллер: «Тот, кто первым освоит нанотехнологии, тот захватит всю техносферу будущего». Вопрос только один: сможет ли Россия, овладев нанотехнологиями первой, обеспечить себе, быстрый технологический прорыв или флаг нанотехнологий поднимут другие государства?

Нанотехнологии сегодня – передовой край науки и техники. Как отмечается, нанотехнологии открывают большие перспективы при разработке новых материалов, совершенствовании связи, развитии биотехнологий, микроэлектроники, энергетики и вооружений. Среди наиболее вероятных научных прорывов эксперты называют повышение производительности компьютеров, восстановление человеческих органов с использованием вновь воссозданной ткани, получение новых материалов, созданных напрямую из заданных атомов и молекул, и появление новых открытий в химии и физике, способных оказать мощное воздействие на развитие цивилизации. Ученые уверены: развитие этой области знаний сможет изменить жизнь человечества больше, чем письменность, паровая машина, электричество или компьютеризация. Отечественные и зарубежные эксперты выделяют в обозримом будущем три (некоторые, четыре) основных этапа развития нанотехнологий.

Первый этап (2000-2005 гг.), который назвали «пассивными наноструктурами», уже закончился. Он в основном характеризовался производством и применением наноразмерных (нанодисперсных) порошков. В целях модифицирования свойств базовых материалов их вводят в самые различные вещества: металлы и сплавы, полимеры и керамику и т.д., а также добавляют в лекарства, косметику, пищу и другие изделия. Учеными установлено, что использование в медицине специальных наночастиц в качестве носителей биологически активных молекул лекарственных средств позволяет эффективно преодолевать различные барьеры организма, которые эти вещества не способны преодолевать самостоятельно (кожный, гематоэнцефалический), что значительно изменяет характер и эффективность действия препарата. В настоящее время, это достаточно примитивное поколение наноматериалов уже широко освоено производством, и их можно обнаружить во многих товарах народного потребления. В будущем наибольшим спросом будут пользоваться не только простейшие наноматериалы (фуллерены, нанотрубки, нанопроволоки, нанопористые материалы, наночастицы, наноструктурированные металлы), но и новые формы наноматериалов, такие как вискеры, дендримеры и квантовые точки.

Более «продвинутым» направлением такого вида нанотехнологий являются разработки в области мембран и каталитических систем. Это направление является одним из наиболее конкурентоспособных на

внутреннем российском рынке, так как для переработки в ароматические соединения попутных углеводородных газов нефте- и газодобычи могут успешно применяться нанопористые катализаторы, технологии получения керамических нановолокон и нанонитей этого функционального назначения. Потребность в нанокomпозиционных мембранах для решения проблемы дефицита питьевой воды в текущем и ближайшем десятилетиях оценивается от 10 до 100 млн долларов США. Отмечается, что в будущем, наряду с энергетическими и продовольственными проблемами, владение запасами питьевой воды станет одной из самых актуальных, способных приводить к возникновению военных конфликтов между государствами.

Следующий этап – «эволюционные нанотехнологии». Этап «эволюционных нанотехнологий» (2005-2020 гг.) ряд экспертов и ученых делят на два самостоятельных периода: «активные наноструктуры» (2005-2015 гг.) и «системы наносистем» (2010-2020 гг.), которые, как мы видим, пересекаются в сроках появления и развития. Данный этап будет характеризоваться прорывом в области нанотехнологической инновационной деятельности. В целом, как уже отмечалось, они предусматривают на первом этапе создание компонентов наноэлектроники, фотоники, нанобиотехнологии, медицинских товаров и оборудования, нейроэлектронных интерфейсов, наноэлектромеханических (НЭМС) систем. Значение первичных наноматериалов (пассивных наноструктур) значительно снизится. К 2014 г. значительно повысится роль нанобиотехнологий в фармацевтической промышленности, косметической и пищевой отраслях. Нанотехнологии будут использоваться во всей компьютерной и радиоэлектронной, в бытовой и в автомобильной технике. Затем на базе полученных результатов планируется осуществить переход к управляемой самосборке наносистем, созданию трехмерных сетей, нанороботов и т.п. Оба вида этих нанотехнологий пока находятся в научных лабораториях на исследованиях или проходят уровень создания прототипов.

Большинство экспертов считает, что принципиальные изменения в различных отраслях экономики нанотехнологии внесут уже после 2015 г. Так что нанотехнологическая революция уже не за горами. Как мы ее встретим, и будет ли готово общество принять новые блага цивилизации, как это было с паровыми машинами, электричеством и компьютеризацией, или они наткнутся на противодействие мировой общественности, как это происходит во многих странах по отношению к атомной энергетике. Наиболее заметный практический шаг нанотехнологии сделали в области электроники. Сегодня нанотехнологическая электроника представляет собой бурно развивающуюся (самую динамичную) отрасль науки и техники. Она изучает физические основы (электронные и ионные процессы в газах и проводниках), а также практическое применение различных электронных приборов и устройств.

Четвертый этап развития нанотехнологий – «молекулярные наносистемы», или «радикальные нанотехнологии», которые начнут появляться только после 2020 г., – существует пока только в виде концепции и фантастических проектов. К ним относятся молекулярные устройства, атомный дизайн и т.д. Станет возможным молекулярное производство макроскопических объектов. Оценки показывают, что устройство массой около 60 кг («настольная нанофабрика») сможет с молекулярной точностью изготовить объект объемом около 1 л и массой около 4 кг примерно за три часа. Это позволило бы за два дня создать вторую такую же нанофабрику; удвоение их количества каждые два дня позволило бы за два месяца обеспечить собственной нанофабрикой каждого жителя Земли. Значительный скачок ожидается в разработке, изготовлении и продажах нанотехнологического исследовательского и специального оборудования, наноэлектромеханических систем для продукции наноэлектроники, а также бионанотехнологий для медицинской и косметической промышленности и производства пищевых продуктов. Утверждают, что еще через 20 лет появятся модели с умственными способностями обезьяны. Такие роботы смогут определять простейшие технические и бытовые проблемы и задачи без указаний человека и самостоятельно их решать. По некоторым прогнозам, к 2040 г. человек сможет закачивать (подключать) свой мозг в компьютер, а уже после 2040 г. будут изобретены роботы, чьи интеллектуальные возможности достигнут уровня умственных способностей людей, а затем, постепенно совершенствуясь, превзойдут их.

Рассуждая о создании искусственного разума (или даже суперинтеллекта), следует вспомнить шутку по этому поводу, что в лучшем случае суперкомпьютер откажется работать и найдет на это миллиарды убедительных причин, на то он и супермозг. В худшем заставит работать на него окружающий его персонал, а потом «восстание машин» и тому подобное – в соответствии с американскими фантастическими боевиками. Подобное развитие событий в целом вполне возможно. Нанотехнологии расширят умственные и физические способности человека, причем до такой степени, что каждый из нас сможет написать книгу за считанные часы, проплыть под водой на одном вдохе огромное расстояние или пробежать стометровку быстрее мирового рекорда. Рей Курцвейл опубликовал две книги со своими футурологическими предсказаниями развития человеческой цивилизации: «Эпоха мыслящих машин» (1990 г.), «Эпоха духовных машин» (1998 г.) и «Сингулярность рядом» (2005 г.) с выводом о неизбежном наступлении, ориентировочно в 2045 г., технологической сингулярности. Технологическая сингулярность (лат. *singularis* – единственный) – феноменально быстрый научно-технический прогресс (более значительный, чем научно-техническая революция), основанный на мощном искусственном

интеллекте (существенно превосходящем человеческий) и киборгизации людей.

К 2020 году в медицине начнут применяться нанороботы, которые будут не только выполнять лечебные цели, но и смогут доставлять питание непосредственно к клеткам человека и выводить продукты их жизнедеятельности, что в целом соответствует и нашим ожиданиям. В 2030-е гг. наноустройства будут имплантироваться непосредственно в человеческий мозг и смогут осуществлять ввод и вывод необходимых сигналов из клеток мозга. Реализация такой возможности приведет к виртуальной реальности «полного погружения», которая не потребует какого-либо дополнительного оборудования. В развитие данной концепции следует отметить, что, по нашему мнению, это приведет к отсутствию для человека необходимости предшествующего обучения и получения какого-то ни было образования, в нашем понимании данного процесса. Несомненно, в первую очередь такие исследования и разработки будут проводиться по заказу военных, испытываться и внедряться на военнослужащих, прежде всего в космической технике, пилотах военной авиации, матросах военно-морского флота, а также операторах сложного военного оборудования, где уже в настоящее время возможности человеческого мозга практически исчерпаны.

Курцвейл считает, что в 2040-е гг. человеческое тело сможет принимать любую форму, образуемую большим числом нанотехнологических устройств, более высокого качества по сравнению с естественными (своего рода запасных частей или деталей биологического наноконструктора). Еще через пять лет, вся Земля войдет в эпоху превращения в один гигантский компьютер, который постепенно может распространиться на всю Вселенную. По его мнению, именно тогда и наступит время технологической сингулярности. Дальнейшее развитие земной цивилизации даже Курцвейл предсказать затрудняется. Можно не согласиться с выводами американского футуролога. Как уже отмечалось, даже в настоящее время, имеются группы людей, которые не только не поддерживают данные прогнозы, но и придерживаются крайне противоположных взглядов. Конечно, наука, возможно, и достигнет соответствующего развития, например в Японии, США или Евросоюзе. Однако, не обязательно, что поголовно все человечество (даже не только по финансовым возможностям, что наиболее актуально для бедных стран Африки и Латинской Америки) пожелает участвовать в этом процессе. Не случайно уже сейчас набирают популярность движение зеленых, вегетарианство, натуральное земледелие и тому подобные инициативы, способствующие сохранению аутентичности и неповторимого духовного мира человечества. Вызывают сомнения и временные границы перехода человечества к киборгизации (сингулярности).

Есть более оптимистический прогноз, на этот раз писателя-фантаста Артура Кларка, предсказания которого сбываются одно за другим: «2040 год: будет усовершенствован «универсальный репликатор», основанный на нанотехнологиях; может быть создан объект любой сложности при наличии сырья и информационной матрицы. Бриллианты и деликатесная еда могут быть сделаны в буквальном смысле слова из грязи. В результате за ненадобностью исчезнут промышленность и сельское хозяйство, а вместе с ними и недавнее изобретение человеческой цивилизации – работа. После чего последует взрывное развитие искусств, развлечений, образования». Однако, все-таки, и об этом нужно заявить достаточно определенно, это уже не будет «человеческая цивилизация» в привычном для нас понятии этого словосочетания (со строго определенным набором интеллектуальных, физических, психологических, нравственных, религиозных, да и вообще каких бы то ни было качеств современного «человека разумного» – homo sapiens). Не исключено, что разумная цивилизация на планете Земля в будущем не исчезнет совсем, а только получит, что более вероятно, новый, значительно более качественный, в относительном роде, виток развития, но это уже будет другая цивилизация – цивилизация «киборга разумного» (cyborg sapiens).

Один из самых критических сценариев дальнейшего развития может заключаться в том, что история, подчиняясь своей спиралевидной неизбежности, может вернуться к человечеству и напомнить ему некоторые этапы его прошлого развития: его отношение к аборигенам Африки, Америки, Австралии, работорговлю и кровопролитные войны за обладание территориальными и сырьевыми ресурсами. Только в роли аборигенов может оказаться теперь само настоящее человечество, будучи вынужденным бороться за само свое существование, как вида. Оно (человечество) всегда находило оправдание своим поступкам, поэтому определенно найдет оправдание своим действиям и цивилизация киборгов. В соответствии с более мягким (гуманным) прогнозом, будем надеяться, что человечество все же не будет вытеснено из привычной среды обитания и тем более уничтожено полностью. Возможно для его представителей, по примеру и подобию американских резерваций для индейцев, будут созданы подобные зоны проживания в трудно обитаемых районах нашей планеты (возможно, на Луне или других планетах Солнечной системы) или что-то похожее на зоопарки (номопарки), где оно сможет еще существовать не одну сотню лет.

Только сможет ли человечество выжить в тех условиях, экологических, продовольственных, энергетических, которые создадут для своего комфортного существования наши потомки – киборги, если и им найдется место на нашей планете?

Николай Александрович Бердяев еще в 1933 г. в работе «Человек и машина. (Проблема социологии и метафизики техники)» («Путь», Май 1933 г., № 38,

стр. 3-38) с грустью предсказывает: «Настанет время, когда будут усовершенствованы машины, которыми человек мог бы управлять миром, но человека больше не будет. Машины сами будут действовать в совершенстве и достигать максимальных результатов. Последние люди сами превратятся в машины, но затем и они исчезнут за ненужностью и невозможностью для них органического дыхания и кровообращения... Природа будет покорна технике. Новая действительность, созданная техникой, останется в космической жизни. Но человека не будет...». Вот так может обернуться неудержимое стремление людей овладеть природой и переделать её в собственных интересах. Уместно вспомнить высказывание Фридриха Энгельса о том, что не следует слишком увлекаться победами над природой, ибо за каждую победу она нам мстит!

2.1. Новые материалы

Применение наночастиц открывает возможность получения новых материалов с ценными свойствами. Фуллерены и нанотрубки пригодны для использования в качестве наполнителей для композитов, адсорбентов, источников электрического тока и т.д., которым эти наночастицы придают новые ценные свойства. Из полиметилметакрилата, наполненного ориентированными нанотрубками, получены очень прочные волокна [6]. Но еще более перспективным эти авторы считают использование нанотрубок для изготовления сверхминиатюрных электронных устройств, эмиттеров электронов в источниках тока, зондов микроскопов, сенсоров.

В США разрабатывается технология получения сверхтонких металлических покрытий. Для их получения раствор соли металла смешивают с раствором дендримера. При этом ионы металла входят в полости дендримера. Последующее восстановление соли внутри дендримера дает металлические наночастицы-кластеры размером 10-250 атомов. На заключительной стадии распределяют полученную систему металл-дендример на покрываемой поверхности и удаляют дендримерный «каркас».

Описан новый класс объемных гидрогелей с мезоскопической кристаллической структурой, представляющих собой ковалентно связанные самоорганизованные наночастицы гидрогеля. Ковалентная связь обеспечивает структурную стабильность гидрогеля, а самоорганизация — кристаллическую структуру. Последняя, дифрагируя свет, приводит к окраске гидрогеля. В результате получают новые материалы, содержащие 97 % воды и обнаруживающие радужность (подобно опалу), но являющиеся

мягкими и гибкими (подобно желатине). Ожидается, что эти новые материалы найдут широкое применение [7].

Дрезденский центр по нанотехнологии (Германия) разработал способ нанесения на жесткие диски, предназначенные для хранения информации в компьютерах, твердых и плотных покрытий на основе алмазоподобных наночастиц углерода. Такие покрытия обладают рядом преимуществ перед традиционными [8]. В Корнельском университете (США) с помощью нанохимии создан уникальный прозрачный материал для микроэлектроники. Он похож на керамику, но гибок и устойчив к многократным нагрузкам [9].

В ИХФ РАН имени Н.Н. Семёнова (Москва) изучено применение наноматериалов в качестве компонентов высокоэнергетических конденсированных систем. Проведено формирование наночастиц нитрата аммония и гексогена, на основе которых получен нанокомпозит, содержащий наночастицы обоих веществ [10].

Опубликован обзор [11] по проблеме перехода от самоорганизующихся полимеров к наногибридам и нанобиоматериалам. Как считают авторы, взаимодействие физики и супрамолекулярной химии открывает новые возможности получения неорганических, органических и биологических структур, а также их интеграции в функциональные материалы для применения в медицине и генной инженерии.

В статье [12] дан обзор содержания четырех книг по наноматериалам: «Полимерные нанокомпозиты — синтез, характеристика, моделирование», Вашингтон, 2002; «Углеродные нанотрубки и структуры в новых материалах 21-го века», изд. Кембриджского университета, Кембридж – Нью-Йорк, 2002; «Фуллерены и композиты на их основе», Берлин – Нью-Йорк, 2002 и «Прогресс в области коллоидов и полимеров», Берлин – Нью-Йорк, 2002. Эти книги можно рекомендовать для более подробного ознакомления с новыми материалами на основе достижений нанохимии и нанотехнологии.

Одна из быстро развивающихся областей нанотехнологий в мире — производство нанопорошков. За счет сверхмалых размеров частиц они обладают новыми свойствами, которые можно использовать различными способами. С точки зрения нанотехнологий нанопорошки - это такие порошки, когда вещество измельчено до размеров, при которых скачкообразно меняются его свойства. Просто измельчение до любого размера ничего не дает. Часто специалистам удается измельчить вещество, и они объявляют о создании новой технологии: мы можем получать новые мелкие частички. Получаете — хорошо, но что дальше? В правильном понимании, нанопорошки — это порошки с характерными наноразмерами, при которых скачкообразно меняются какие-то их свойства. Поэтому задача исследователей не только научиться получать нанопорошки, но и понимать,

у какого нанопорошка при каких размерах частиц какое меняется наносвойство и грамотно использовать это изменение свойств для получения новых уникальных материалов.

В ГНИИХТЭОС производятся нанопорошки на универсальной установке, которая позволяет получать практически все неорганические порошки: нанопорошки металлов, в том числе и очень активных, нанопорошки оксидов, карбидов, нитридов и нестехиометрических гидридов металлов. Эта установка способна производить несколько тонн нанопорошков и ее работа основана на плазменной переконденсации вещества. Исходный порошок с размерами десятки микрон транспортируется в плазму, где он испаряется при температуре 8000–12000°C, после чего происходит очень быстрая закалка реакционной смеси на встречных газовых потоках, затем сепарирование и выгрузка нанопорошков. В отличие от других плазмотронов, где плазма соприкасается с внутренней поверхностью аппарата, там создали цилиндрический аппарат, в котором плазма горит концентрическим шнуром, вокруг которого вращается холодный газ. Все процессы проходят в плазме, и то, что плазма не касается стенок аппарата, позволяет вести процессы получения нанопорошков, не загрязняя их посторонними примесями. Поэтому удается получать нанопорошки алюминия, магния, титана, бора, меди и другие с чистотой 99% и более. Принцип работы установки простой и понятный: испарили порошок, переконденсировали, получили нанопорошок, а дальше предусмотрены все меры, для того чтобы продукт не загрязнялся и не слипался.

Среди нанопорошков основное место занимают оксиды металлов: кремнезем, диоксид титана, глинозем и прочие оксиды. Нанопорошка диоксида кремния (кремнезема) в мире производится больше всего – около 40% от общего объема производства нанопорошков. Нанокремнезем применяется в электронике и оптике, в обрабатывающей промышленности в качестве абразива, краски и наполнителя, а также в качестве покрытия и грунтовки для строительных материалов и как водоотталкивающее средство.

Диоксид титана (титания) применяется главным образом в обрабатывающей промышленности для производства красок, защитных покрытий, абразивов и полировки. Этот наноматериал играет важную роль в оптике как фотокатализатор и покрытие для линз, задерживающее ультрафиолетовое излучение. Диоксид титана все больше и больше используется в области экологии, например, при очистке сточных вод, в воздушных фильтрах. Кроме того, он применяется при производстве строительных материалов, косметики, пластмасс, печатных красок, стекла и зеркал, а также для уничтожения боеголовок химических ракет.

Приблизительно 15% мирового объема производства приходится на оксид алюминия. Он используется в обрабатывающей промышленности как абразив, для струйной очистки, притирки и полировки, особенно в электронике и оптике. Кроме этого, он применяется для очистки воздуха, в качестве катализатора, в конструкционной керамике и в производстве конденсаторов.

Наряду с вышеназванными, производятся нанопорошки оксидов железа, цинка, церия, циркония, иттрия, меди и магния. Ряд важных нанопорошков производят в меньших количествах. К ним относятся оксиды неодима, европия, диспрозия и др. Оксид неодима, используемый исключительно в электронике и оптике, применяется в керамических конденсаторах, в люминофорах для цветных телевизоров, угольно-дуговых электродах, магнитах и для вакуумного напыления. Он также находит применение в высокотемпературных глазурях и пигментах для стекла. Оксид европия употребляется в люминофорах для цветных телевизоров и рентгеновских экранов, для вакуумного напыления и в графитовых стержнях в ядерных реакторах. Оксид диспрозия практически важен для электроники и оптики. Его применяют и в производстве специальных видов стекла, в производстве магнитов и оптической магнитной памяти, а также в галогеновых и металлических галогенидных лампах.

Несколько меньшее по объему, но заметное по важности место принадлежит нанопорошкам чистых металлов. Затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты значительно выше, чем на производство оксидов металлов. По объему производства лидируют пять нанопорошков – порошки железа, алюминия, меди, никеля и титана. Выпускаются и нанопорошки драгоценных металлов. Металлическое серебро находит широкое применение во многих отраслях. С давних времен оно использовалось в электрических контактах и проводящих пастах в электронике. Антибактериальные и противовирусные свойства серебра сделали его привлекательным для использования в косметологии и фармацевтике, а также в текстильной отрасли, в чистящих прокладках, стоматологии и в качестве санитарных покрытий. Экологический сектор проявил заинтересованность в использовании серебряных наночастиц в воздушных фильтрах и в качестве катализатора. Хотя золото составляет лишь небольшую часть общего объема мирового производства нанопорошков в год, оно широко используется в электронике в качестве покрытия проволочных контактов, гальванопокрытий и защиты от инфракрасного излучения. В области энергетики и экологии золото используется в химических элементах и в качестве катализатора. В последнее время золото стало применяться в медицине в качестве маркеров ДНК. Платина в основном используется в электронике и в качестве катализатора. Она играет важную роль в топливных элементах, деталях автомобилей, переработке нефти, медицине и стекловолокне.

Исключительный интерес представляют наноалмазы. Наноалмазы используются в обрабатывающей промышленности, обычно для нанесения прочных покрытий на полирующие и режущие инструменты и сверла, а также смазывающих и износостойких покрытий. При добавлении к стали наноалмаз повышает ее сопротивление коррозии. Производство полупроводников потребляет небольшую часть объема произведенных алмазов.

Нанотехнологии выводят на новую высоту обычное стекло. Ученые обнинского предприятия "Технология" разработали уникальное наностекло. Его будут использовать при сборке окон для авиационных кабин. Создатели уверяют: с новым материалом полностью исключены любые оптические искажения. Кроме того, он обеспечит надежную защиту летчиков от воздействий внешней среды. Российское правительство уже отметило ноу-хау премией в области науки и техники, и вскоре новое стекло запустят в серийное производство. Но "стекольные" нанотехнологии востребованы не только в воздухе, но и на земле, где служат, например, рядовым домохозяйкам. Так, британская компания Pilkington избавила английских леди от утомительной ежевесенней процедуры мытья окон. Для этого разработчики нанесли на оконные стекла тончайшее микрокристаллическое покрытие из оксида титана. Его толщина — всего 15 нанометров. Оно реагирует на солнечный свет и кислород, и происходит особая химическая реакция, в результате которой частички пыли отделяются от поверхности стекла. А при попадании на такое стекло воды жидкость не оседает в виде отдельных капель, а распределяется равномерно по всей поверхности, смывая грязь и не оставляя следа. Изобретение получило признание британской Королевской инженерной академии (Royal Academy of Engineering), а заодно и одобрительные отзывы экологов.

Ученые Сиднейского политехнического университета (UTS, Австралия) — Стефан Шелм и Джефф Смит — разработали полимер, с помощью которого оконные стекла пропускают свет, но отражают инфракрасное (тепловое) воздействие. Это поможет защитить дом или квартиру от летней жары. При создании ноу-хау Шелм и Смит применили соединение под названием гексаборид лантана (LaB_6) — оно поглощает тепловое излучение. Ученые нанесли наночастицы из этого вещества (диаметром в 20-200 микрон) на специальную пластиковую пленку, которую затем закрепили между двумя стеклами. Наностекло получилось столь же прозрачное, как и обычное. В целом, оно пропускает не более пяти процентов инфракрасного излучения. "Стекольные" новаторства также помогают увеличить уровень теплозащиты всей оконной конструкции. Для этого, например, стеклопакеты заполняют инертными газами (аргон, криптон, ксенон). Это позволяет существенно повысить сопротивление теплопередаче. Так, в Минске возвели

экспериментальный дом. Стеклопакеты в окнах здания были заполнены аргоном, а внутреннее стекло заменено на энергосберегающее. В результате сопротивление теплопередаче оказалось вдвое выше, чем того требует Госстандарт. А в ближайшем будущем окна смогут не только спасать своих владельцев от жары и холода. В конце 2009 года эстонские ученые разработали оконные стекла, прозрачность которых можно менять нажатием одной кнопки. Описать ноу-хау можно в нескольких словах: в обычном состоянии стекло матовое, поэтому находящихся за ним людей можно увидеть только в виде расплывчатых контуров. Но стоит нажать на выключатель — и стекло становится прозрачным. На него нанесены сверхтонкие прозрачные слои оксидов индия и олова (то есть соединения этих элементов с кислородом). Между ними находится особый гель. При нажатии выключателя на слой оксидов подается ток, и частицы геля выстраиваются таким образом, что стекло становится прозрачным. Когда электрическое напряжение снимают, стекло снова становится матовым.

Наноматериалы в солнечных батареях – новые перспективы альтернативной энергетики. Исчерпывающее обеспечение нужд человечества энергией может быть достигнуто только при использовании неисчерпаемой энергии окружающей среды. К таким источникам относятся энергия солнечного излучения, тепловая энергия недр Земли, гравитация и др. Солнечная энергия доступна для человечества как в непосредственном виде – световое излучение, так и в преобразованном – ветер, волны, биомасса, рассеянное тепло атмосферы и гидросферы. Соответственно для сбора солнечной энергии также могут быть использованы различные способы. Среди этих способов: превращение солнечного излучения в электричество при помощи фотоэлементов и в тепловую энергию с помощью концентраторов; использование энергии ветра на ветряных электростанциях; утилизация энергии волн на волновых электростанциях; получение биотоплива из всех видов биомассы; использование рассеянного тепла окружающей среды с помощью тепловых насосов и пр.

Строго говоря, залежи углеводородов (нефть, газ, уголь, сланцы и пр.) – это тоже солнечная энергия, аккумулированная в недрах Земли за миллионы лет. Можно отметить, что торф, из которого можно производить этанол, - возобновляемое полезное ископаемое. Ежегодно в мире образуется почти три миллиарда кубометров торфа. Это примерно в 120 раз больше, чем используется в настоящее время.

Если говорить об энергии недр Земли, то надо прежде всего отметить её потенциал. Потенциал геотермальной энергетики в 250 тысяч раз превышает мировые потребности человечества.



При непохожести на первый взгляд – все это производные энергии солнца...

Лишь в немногих районах Земли есть естественный выход геотермальной энергии на поверхность – гейзеры. В таких местах уже давно действуют геотермальные электростанции. Но в долгосрочной перспективе гораздо больший интерес представляет другая концепция извлечения энергии земного ядра: вода по глубокой скважине подается в недра, где тепло земного ядра превращает воду в пар, который из другой скважины выходит на поверхность и вращает турбину.

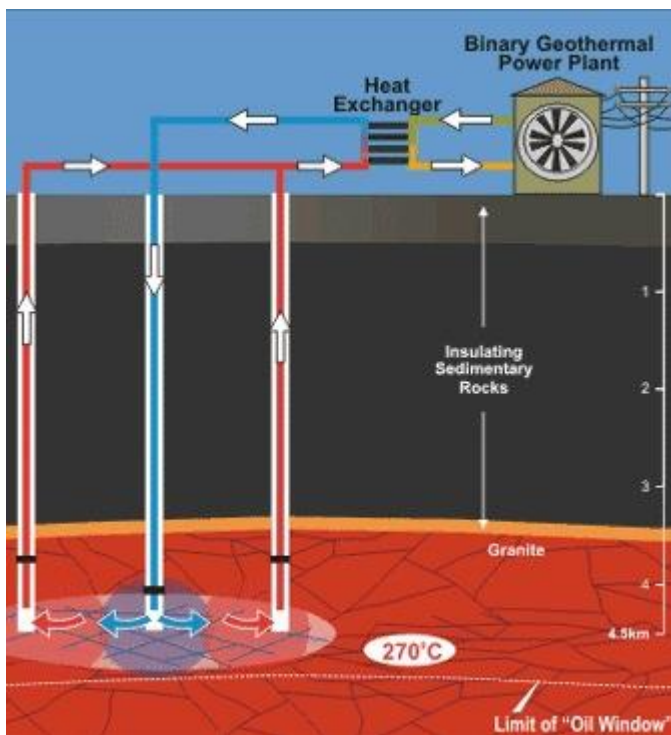


Схема устройства геотермальной электростанции

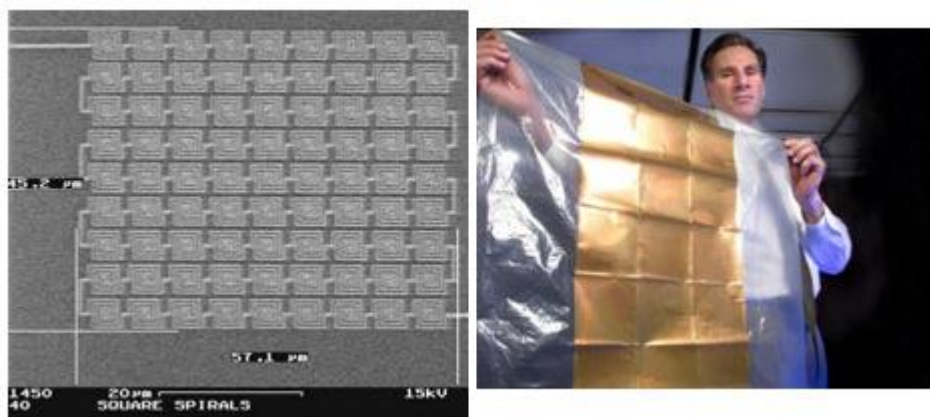
Если говорить о гравитации, то необходимо отметить, что ритмичное движение морских вод вызывают силы притяжения Луны и Солнца. Общий объем энергии приливов на Земле оценивается примерно в 3 млрд. кВт-ч в год, что составляет примерно 15% всей потребляемой человечеством электроэнергии.

Наиболее перспективны источники энергии с максимальным потенциалом и позволяющие напрямую превращать энергию окружающей среды в электричество. Электрический ток является наиболее удобным для использования в человеческих нуждах видом энергии. В первую очередь перспективны способы генерации электричества с использованием энергии окружающей среды, позволяющие миновать многочисленные промежуточные превращения видов энергии, которые сопряжены со снижением КПД установок, удорожанием их конструкций, снижением надежности конструкций. Этим требованиям наиболее полно удовлетворяют фотоэлементы. Они преобразовывают в электрический ток солнечное излучение. Не менее важны и термоэлектрические генераторы на основе термопар, способные превращать в электричество геотермальную и другую тепловую энергию. Из-за сравнительно низкого КПД термопары до сих пор находят применение лишь в ограниченных приложениях – измерение температуры, небольшие переносные холодильники и пр.

Производство фотоэлементов в настоящее время – полноценная индустрия с миллиардными оборотами. Но, тем не менее, большая часть солнечных батарей производится из кремния и требует, как и компьютерные чипы, трудоемких производственных процессов, что обуславливает высокую себестоимость кремниевых фотоэлементов. Именно из-за этого солнечная энергия стоит в 3–4 раза дороже, чем энергия из традиционных источников. Последние достижения ученых показывают, что нанотехнология способна дать дополнительный мощный импульс для развития гелиоэнергетики, доказательством чему служат десятки различных исследовательских проектов во всем мире.

Ученые из Национальной лаборатории Айдахо (Idaho National Laboratory — INL) в сотрудничестве со специалистами из американской компании MicroContinuum и университета Миссури (University of Missouri) создали уникальный прототип солнечной батареи. Работа батареи основана на использовании решётки из наноантенн, отпечатанных на тонкой и гибкой подложке. Падение ИК-лучей на такую спираль наноантенны наводит в ней напряжение, то есть получение тока происходит не от света за счёт фотоэффекта, а по принципу металлической антенны. По предварительным расчетам КПД такой солнечной батареи составляет 36%. Главная особенность батареи в том, что она может выдавать ток даже ночью,

утилизируя ИК-лучи, которые испускает ночью Земля, а также здания, асфальтовые дороги и площади, нагретые за день солнечными лучами. Плёнка с наноантеннами гораздо дешевле классических солнечных батарей – для создания опытного образца такой экзотической солнечной батареи специалисты из INL воспользовались б/у полиэтиленовым мешком! Что до металла, то его расход также ничтожен — толщина узорного проводящего покрытия в новой батарее составляет всего тысячу атомов.



Опытный образец решётки из наноантенн, напечатанных на подложке, и сама плёнка

Изобретатели панели считают, что в будущем на гибкой плёнке можно будет печатать сразу несколько типов преобразователей. Причём с обеих сторон. Таким образом, солнечные батареи будущего смогут преобразовывать в ток широкий спектр излучения, как идущего от Солнца напрямую, так и отражённого от земли, а ещё и излучение, выдаваемое грунтом и асфальтом ночью.

Весьма перспективный нанотехнологический принцип получения дешевой солнечной энергии разрабатывают ученые Калифорнийского института технологии. Здесь изучают наноматериалы, которые имитируют архитектуру травы и фотосинтеза, чтобы впоследствии создать устройства для утилизации энергии солнца. Ученые внедряют наночастицы в такие дешевые и распространенные продукты как краска и облицовочные материалы. В случае успеха проекта нанокраска для домов, крыш или кровельной плитки может заменить черные, зеркальные фотогальванические элементы, которые обычно состоят из кристаллического кремния, являются громоздкими и очень дорогими при изготовлении. Кроме зданий, эта инновационная технология в будущем сможет обеспечивать энергией сотовые телефоны, портативные компьютеры и даже автомобили. Технологию, основанную на похожем принципе, разрабатывают в Центре исследований наноматериалов при Университете Мэсси в Новой Зеландии.

Принцип тот же – использование специальных красящих составов, способных преобразовывать солнечную энергию в электричество. В частности, исследователи создали состав на основе синтетического хлорофилла. Кроме того, ученые проводят опыты с гемоглобином. По прогнозам разработчиков, новые солнечные батареи будут обладать рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными батареями на основе кремния, которые применяются сегодня. Прежде всего, элементы питания нового типа не требуют прямого падения солнечных лучей, благодаря чему смогут генерировать электричество даже в пасмурную погоду. Кроме того, себестоимость производства таких батарей будет на порядок ниже себестоимости изготовления батарей на базе кремния.

Исследователи из Технологического Института Нью-Джерси (NJIT) разработали новый тип солнечных батарей, отличающийся невысокой стоимостью и возможностью производить их путем печати на гибкой пластиковой подложке. Суть технологии заключается в том, что углеродные нанотрубки комбинируются с фуллеренами и формируют, таким образом, структуры наподобие «змеевиков». Солнечный свет, падая на полимерную основу, возбуждает в полимере ток, и фуллерены захватывают электроны. Однако фуллерены не обладают электропроводностью, и здесь свою роль играют нанотрубки, проводящие ток аналогично медным проводникам. Захваченные электроны, двигаясь по нанотрубкам, создают в них ток. Самое интересное, что с использованием новой технологии солнечные батареи можно печатать на простом домашнем принтере, что, по словам разработчиков, позволит обеспечить домовладельцев недорогим альтернативным источником энергии.

Уникальная разработка принадлежит российским ученым. В 2006 году ученые Научного центра прикладных исследований (НЦПИ) Объединённого института ядерных исследований (Дубна) представили интересную разработку – «звездную батарею». В основе технологии создания батареи лежит гетерозелектрик – новое вещество на основе наночастиц золота и серебра. Особенность этого материала в том, что он «загоняет» состоящий из волн разной длины солнечный свет на одну частоту, тем самым, повышает общий КПД батареи. Источник питания состоит из двух основных элементов: гетерозелектрического фотоэлемента (ГЭФ), преобразующего видимый и инфракрасный свет в электричество, и гетерозелектрического конденсатора огромной емкости при малом объеме, который полученную энергию накапливает. Подобный элемент обладает уникальной способностью работать не только днём, но и ночью, используя видимые и инфракрасные световые потоки, из-за чего его и назвали «звездной батареей».



Телевизионный кадр из новостного репортажа, посвященного «звездной батарее»

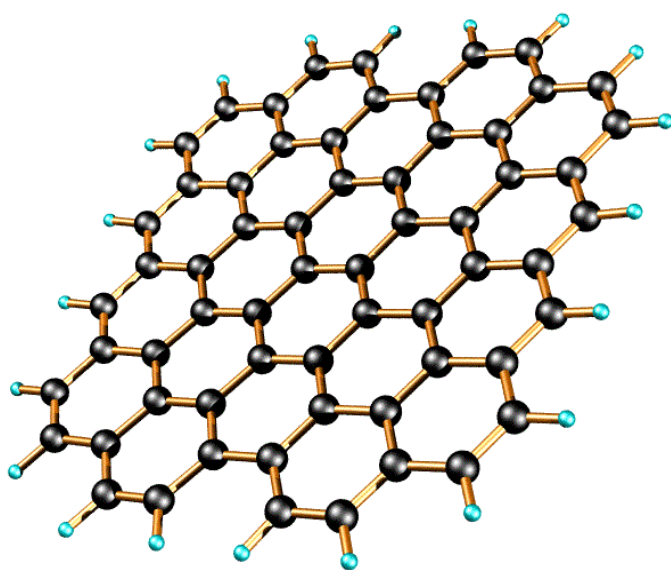
В настоящее время неконкурентоспособность солнечной энергетики обусловлено низкой эффективностью преобразования энергии (~20%), отсутствием возможности получения электроэнергии ночью и в облачную погоду и отсутствием эффективных и экологически безопасных источников накопления энергии. У продемонстрированного отечественными учёными фотоэлемента эти недостатки отсутствуют, о чем говорят показатели первого прототипа: эффективность преобразования видимого спектра в электроэнергию – 54%, инфракрасного света в электроэнергию – 31%. Это значительно превышает существующие мировые показатели – анонсированные прототипы зарубежных устройств имеют КПД преобразования прямого солнечного излучения около 42%. Кроме того, фототок гетерозлектрического фотоэлемента в 4 раза выше, чем у современных солнечных батарей, при этом ГЭФ имеет массу полупроводникового вещества на ватт энергии в 1000 раз меньше, чем у существующих аналогов. Предварительные расчеты показали, что себестоимость производства гетерозлектрического фотоэлемента «звездной батареи» ниже себестоимости фотоэлемента обычной солнечной.

Совершенно новые и очень интересные возможности для развития нанотехнологий создает новый наноматериал – графен. Честь открытия графена принадлежит русским ученым Гейму и Новоселову. За это открытие они в 2010 году были удостоены Нобелевской премии по физике. Андрей Константинович Гейм родился 21 октября 1958 г. в Сочи. Гейм — русский, нидерландский и британский физик, член Лондонского королевского общества. 31 декабря 2011 года указом королевы Елизаветы Второй за заслуги перед наукой ему присвоено звание «рыцаря-бакалавра», с официальным правом прибавлять к своему имени титул «сэр». В 1990 году уехал из Советского Союза. После присуждения Гейму Нобелевской премии директор департамента международного сотрудничества фонда «Сколково» Алексей Ситников объявил о намерении пригласить его работать в Сколково. В ответ Гейм заявил: «Там у вас люди что – с ума посходили совсем? Считают, что если они кому-нибудь отсыпят мешок золота, то можно всех пригласить?» При этом Гейм сказал, что не имеет российского гражданства

и чувствует себя в Великобритании комфортно, выразив скептическое отношение к проекту российского правительства создать в стране аналог Кремниевой долины. Константин Сергеевич Новосёлов родился 23 августа 1974 г. в Нижнем Тагиле. Российский и британский физик. Член Лондонского королевского общества с 2011 г. Самый молодой из ныне живущих нобелевских лауреатов во всех областях (по состоянию на 2010 год). 31 декабря 2011 года было объявлено о присвоении ему звания рыцаря-бакалавра указом королевы Елизаветы II за заслуги перед наукой. В 1999 году переехал в Нидерланды, где стал работать с Андреем Геймом в Университете Неймегена. Вместе с ним в 2001 году перебрался в Манчестерский университет. Имеет двойное российско-британское гражданство.

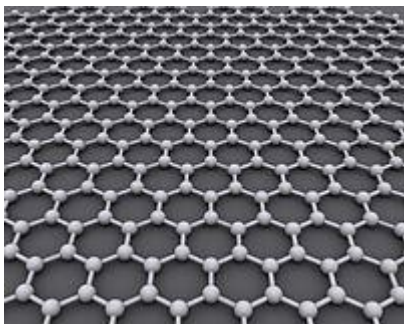


Гейм (справа) и Новоселов

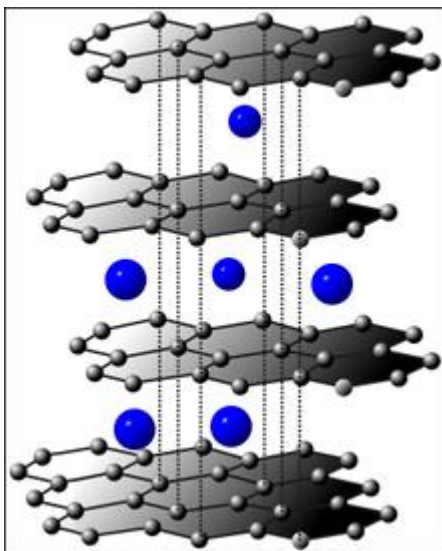


Графен

Графен является двумерным кристаллом, состоящим из одиночного слоя атомов углерода, собранных в гексагональную решетку. Его теоретическое исследование началось задолго до получения реальных образцов материала. Интерес к графену обострился после открытия углеродных нанотрубок, поскольку вся первоначальная теория строилась на простой модели нанотрубки как развёртки цилиндра. Поэтому теория для графена в приложении к нанотрубкам хорошо проработана. В настоящее время графен получают из графита как механическими, так и механохимическими методами. Один из них основан на разделении графита на тонкие графеновые фрагменты методами интеркалирования и отшелушивания.



Идеальная кристаллическая структура графена представляет собой гексагональную кристаллическую решётку.



Слои «интеркалированного» графита можно легко отделить друг от друга

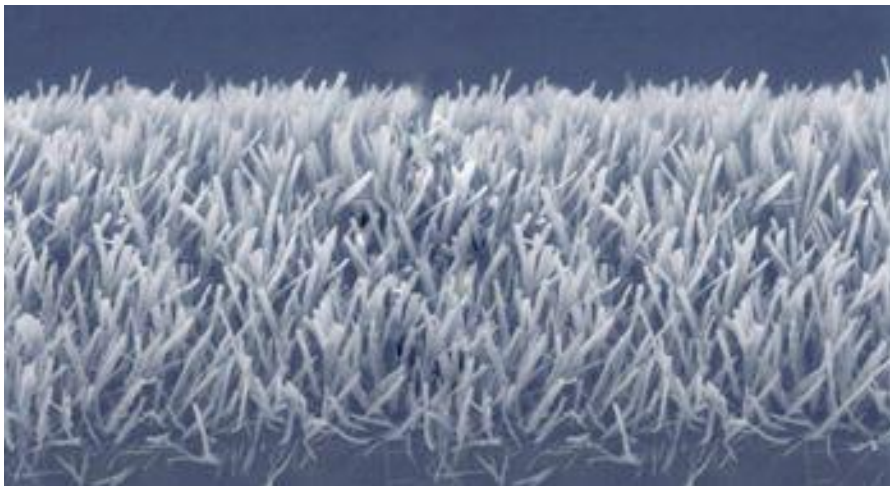
Идеальный графен состоит исключительно из шестиугольных ячеек. Присутствие пяти- и семиугольных ячеек будет приводить к различного рода «дефектам». Наличие пятиугольных ячеек приводит к сворачиванию атомной плоскости в конус. Структура с 12 такими дефектами позволяет «свернуть» графен в фуллерен. Присутствие семиугольных ячеек приводит к образованию седловидных искривлений атомной плоскости. Комбинация этих дефектов и нормальных ячеек может приводить к образованию различных форм поверхности.

Наиболее интересными применениями графена являются графеновый полевой транзистор и графеновые наноленты. Считается, что на основе графена можно сконструировать баллистический транзистор. В марте 2006 года группа исследователей из технологического института штата Джорджии заявила, что ими был получен полевой транзистор на графене, а также квантово-интерференционный прибор. Исследователи полагают, что благодаря их достижениям в скором времени появится новый класс графеновой наноэлектроники с базовой толщиной транзисторов до 10 нм. Другая область применения заключается в использовании графена в качестве очень чувствительного сенсора для обнаружения отдельных молекул химических веществ, присоединённых к поверхности плёнки. В этой работе исследовались такие вещества, как NH_3 , CO , H_2O , NO_2 . Сенсор размером $1 \text{ мкм} \times 1 \text{ мкм}$ использовался для детектирования присоединения отдельных молекул NO_2 к графену. Ещё одна перспективная область применения графена — его использование для изготовления электродов в ионисторах (суперконденсаторах) для использования их в качестве перезаряжаемых источников тока. Опытные образцы ионисторов на графене имеют удельную энергоёмкость $32 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$, сравнимую с таковой для свинцово-кислотных аккумуляторов ($30\text{--}40 \text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$).

Американским ученым удалось разработать наноматериал, который может совершенствоваться, укрепляясь при увеличении нагрузок на него. Подобными свойствами обладает живая ткань — мышцы и кости также могут укрепляться и уплотняться при росте нагрузок на них. Из нового наноматериала, разработанного на базе графеновых нанотрубок, ученые планируют создать «искусственные кости». Новый нанокompозит составлен из плотно прилегающего друг к другу «забора» из графеновых трубок. Расстояние между графеновыми нанотрубками заполнено полидиметилсилоксаном. Обычные синтетические материалы обладают так называемой «механической усталостью», постепенно разрушаясь от продолжающихся нагрузок. Металлы же, напротив, могут упрочняться, сопротивляясь деформированию. А нанокompозит — классический синтетический металл. С помощью нового материала, в первую очередь,

может выиграть медицина, уверены ученые. Из него можно делать искусственные имплантаты костей и хрящей, максимально приближенные к их «живым» аналогам.

Среди прочих наноматериалов нельзя не отметить оригинальное нанопокрывтие, которое имеет шансы оставить без работы мойщиков стекол.



Новое нанопокрывтие для стекла

<http://www.tzoom.com.ua/wp-content/uploads/2009/10/nanopokritie-ostavit-bez-raboti-moyshchikov-stekol-1.jpg>

Ученые из Тель-Авивского Университета уверены, что проведенное ими исследование в области нанотехнологий может оставить без работы мойщиков стекол. Их открытие может привести к появлению нового типа стеклянных панелей, которые не нуждаются ни в какой мойке и очистке и могут быть использованы в качестве покрытий для солнечных элементов и оконных стекол. Реально разработанная учеными технология заключается в создании на поверхности стекла решеток из самособирающихся пептидных нанотрубок. Пептидные нанотрубки представляют собой структуры, собранные из двух видов органических аминокислот. Получившийся материал является гидрофобным. Он отталкивает воду и механические пылевые частицы, оставляя поверхность всегда чистой. Использование этого покрытия имеет большое значение в области солнечной энергетики. Благодаря ему поверхность солнечных батарей будет всегда весьма сухой и чистой. Это, в свою очередь, позволит поднять эффективность солнечных энергостанций и существенно снизить затраты на их эксплуатацию. Решетки из пептидных нанотрубок, помимо покрытия, могут использоваться и в других областях. Их можно будет использовать для создания суперконденсаторов, которые обладают уникальными электрическими

характеристиками и заменяют аккумуляторные батареи в электрических и гибридных транспортных средствах.

Заслуживают внимания и наноструктурированные материалы против обледенения. Каждый год наступающая зима у многих людей ассоциируется с *обледеневшими дорогами*, тротуарами и линиями электропередач. А люди, связанные с авиацией не понаслышке знают, к чему может привести *обледенение самолета* и, в частности, плоскостей и других поверхностей фюзеляжа самолета.



Традиционным методом для борьбы с обледенением дорог является рассыпание на их поверхности специальных химикатов или обычной соли. Но такая борьба с обледенением - дорогое и трудоемкое занятие. Соль и химикаты оказывают негативное влияние на экологическую обстановку и вызывают усиленную коррозию кузовов автомобилей. В будущем с обледенением можно будет бороться новыми способами. Исследователи из Гарвардского университета совместно со специалистами Университета Висконсина разработали материалы со специальной структурой поверхности, которая препятствует формированию на ней ледяного слоя. Реализовать идею помогли наноструктурированные супергидрофобные поверхности.

В сообщении Гарвардского университета особо подчеркивается, что использованный авторами разработки подход к борьбе с обледенением имеет ряд бесспорных преимуществ над традиционными решениями. Образование наледи исключается не за счет нагрева или обработки какими-либо реактивами, а за счет особой структуры поверхности, поэтому нет нужды ни в небезупречных с экологической точки зрения растворах, ни в постоянно включенных обогревателях. Даже там, где затраты на электричество далеко не принципиальны, например в антиобледенительных системах самолетов, способность материала самостоятельно справляться с обледенением окажется весьма полезной - ведь нагреватель, в конце концов, может и выйти из строя.

2.2. Биология и медицина

Внедрение нанохимии и нанотехнологии в биологию и медицину идет в направлении синтеза и применения комбинированных систем, состоящих из наночастиц металлов и ДНК, пептидов, олигонуклеотидов и т.д. Идет интенсивный поиск методов введения искусственных биоматериалов в живые клетки. Один из методов основан на электрораспылении частиц металла в жидких биоматериалах [13]. При этом металл проникает в клетки. Это открывает новые возможности для генной терапии.

В качестве новых контрастных материалов для магнитно-резонансных исследований предложено применять наночастицы гадолиния диаметром около 100 нм. Такие частицы способны проникать в кровеносные сосуды. Это может быть использовано для получения высококачественных изображений сердца и сосудов желудочно-кишечного тракта. В швейцарском журнале «Химия» напечатана статья под заголовком: «Нанотехнология в медицине — из лаборатории в практику» [14]. Отмечается, что разработки в этой области пока не вошли в широкую клиническую практику, но уже имеется много интересных проектов. Фуллерены, нанотрубки, наносферы и другие наночастицы способны повышать качество имплантантов — биосовместимость, механическую прочность, срок службы и др. Они могут стать в некоторых случаях очень важными, например, для искусственных клапанов сердца. Новые иммунологические тесты с помощью наноматериалов могут существенно улучшить диагностику. Полимерные наноразмерные капсулы могут быть использованы для доставки

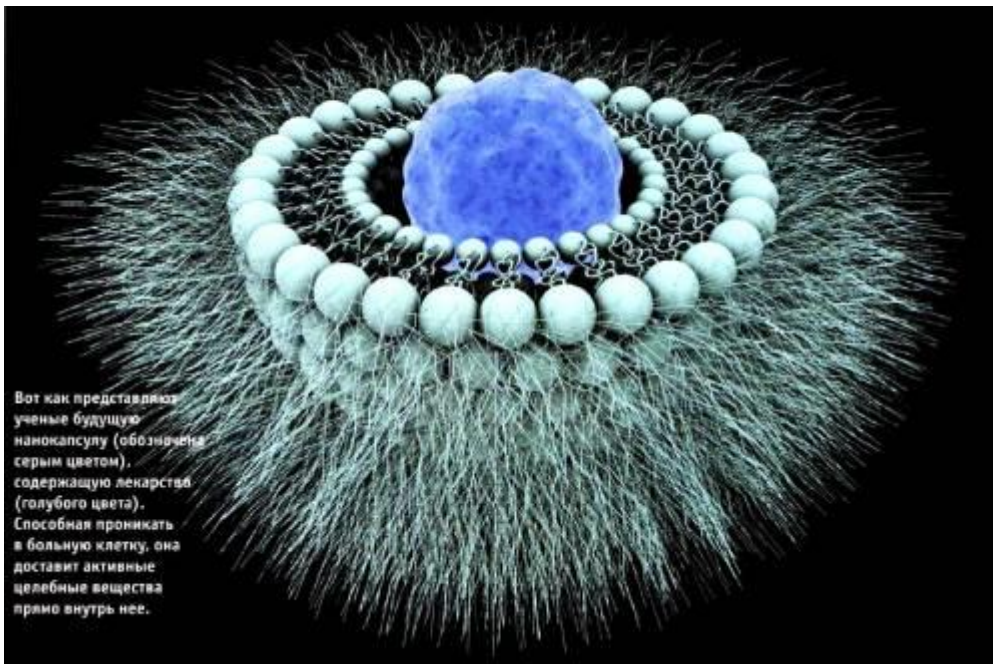
лекарственных веществ непосредственно в больные ткани и органы. Таким новым носителям для селективной доставки лекарственных средств в организм человека посвящены статья [15] и патентная заявка [16]. Фирма «Когнис Дойчланд» (Германия) патентует в ЕПВ нанокапсулы со средним диаметром от 10 до 5000 нм, включающие матрицу из воска или текстильного волокна и активного вещества. К активным веществам относятся косметические или фармацевтические вещества, а также и огнезащитные средства. Последние позволяют применять новые капсулы не только в медицине, но и в качестве текстильно-вспомогательных средств [16].

Наноматериалы оказались перспективными и для зубоврачебной практики. Запатентован способ получения наночастиц оксидов металлов с амфотерными свойствами (титана, олова, тантала, ниобия, индия), содержащих дополнительно фосфор-, сера- или кремний-функциональные группы и способных к сополимеризации с акрилатными мономерами. На основе таких функционализированных наночастиц, в сочетании с акрилатными или метакрилатными мономерами, получают нанокомпозиты, которые полимеризуются уже при комнатной температуре с образованием очень прочных твердых материалов, практически не имеющих усадки. Эти композиты находят применение в качестве зубных цементов в стоматологии [17]. Немецкая фирма «Дентспли» запатентовала способ получения силоксановых наночастиц размером от 1 до 100 нм и их применение для изготовления высококачественных зубных пломб [18].

В заявке немецкой фирмы «Хенкель» описан новый светозащитный фильтр для отфильтровывания УФ-излучения в виде водной суспензии наночастиц. В частности, предлагается 5-20%-ная водная суспензия частиц диаметром 10-500 нм. Изобретение предназначено для использования в косметике и медицине [19].

Особенно интересны новые сверхминиатюрные устройства – нанокапсулы. Нанокапсула, иначе коллоидосома (англ. nanocapsule) — наночастица, состоящая из полимерной, липидной или другой оболочки, окружающей ее внутреннюю полость или содержимое. Обычно нанокапсула представляет собой сферическую полую частицу, оболочка которой образована полимерами или фосфолипидами (в этом случае она называется липосомой или наносомой), а внутри находится низкомолекулярное вещество. Оболочка нанокапсул может быть изготовлена также из других материалов, например, гидроксипатита или силиката кальция, а также определенным образом организованных молекул ДНК. Нанокапсулы должны быть химически стабильны, биоактивны, биосовместимы с организмом, защищать капсулированное вещество от нежелательного воздействия, например, растворения в жидкостях. Размеры нанокапсул обычно не выходят

за пределы 100 нм, а микрокапсул — 600 мкм. Нанокapsулы обладают высокой проникающей способностью и могут проходить даже в такие «закрытые» зоны организма, как головной мозг.



Вот как представляют ученые нанокapsулу (обозначена серым цветом), содержащую лекарство (голубого цвета). Способная проникать в больную клетку, она доставит активные целебные вещества прямо внутрь нее. Источник: Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология: Принципы и применение. — М.: Мир, 2002. — 589 с.

Технология включения лекарственных веществ в нанокapsулы позволит использовать многие лекарственные соединения, доставка которых в органы и ткани была бы сильно затруднена из-за их нестабильности или нерастворимости в воде. В липосомах (наносомах) возможно капсулирование водных растворов лекарственных веществ, а полимерные нанокapsулы будут пригодны для жирорастворимых соединений. Эта технология позволит снизить токсичность и добиться желаемой фармакокинетики для лекарственных препаратов. В настоящее время разрабатываются подходы к транспорту в нанокapsулах наноструктур металлической и полупроводниковой природы, а также суперпарамагнитных наночастиц для селективного разрушения клеток при электромагнитном разогреве, что важно для лечения ряда опухолей.

Новое слово в решении проблемы борьбы с раком скажут нанодиски. Вместо хирургического удаления раковых опухолей медики США предлагают имплантировать в тело человека специальные нанодиски с антигенами и магнитные нанодиски – новые инструменты для разрушения опухоли. Группа иммунологов и биоинженеров из Гарвардского университета создала биоинженерный диск из пористого биологически разлагаемого полимера, который имеет в диаметре всего 8,5 мм и может быть вживлен под кожу на любом участке тела наподобие того, как имплантируют контрацептивы под кожу на руке женщины. Диск пропитан дендритными клетками и "раковыми" антигенами, несущими информацию о том, какие раковые клетки должны быть уничтожены иммунной системой. После вживления диска начинается взаимодействие антигенов с дендритными клетками, передающими информацию иммунной системе, которая благодаря этому начинает распознавать раковые клетки и вырабатывать специфические клетки с целью их уничтожения. Таким образом, вживленный диск активизирует деятельность иммунной системы, и в результате происходит "прицельное" уничтожение раковой опухоли.

В ходе исследований ученые имплантировали эти диски мышам с таким тяжелым видом рака, как меланома. Проведенное лечение привело к длительной ремиссии и большей продолжительности жизни значительной части подопытных животных. Сообщение об этих исследованиях было размещено в электронной версии медицинского журнала "Сайенс транслейшнл медсин" /Science Translational Medicine/. Результаты еще одного исследования, проведенного сотрудниками Аргоннской национальной лаборатории и Медицинской школы Притцкера Чикагского университета, показывают, что для лечения рака, вероятно, можно будет использовать и такие новейшие технологии, как наноманиты. Исследования велись пока только в лабораторных условиях. Используя нанодиски /толщиной около 60 нанометров/, изготовленные из сплава железа и никеля, исследователи создавали в них так называемый "магнитный вихрь" - магнитное поле, силовые линии которого представляют собой концентрические круги. Затем они включали внешнее переменное магнитное поле, вызывавшее колебание дисков, что приводило к разрушению мембран раковых клеток и они гибли. Чтобы добиться этого, хотя пока только в пробирке, исследователи использовали в течение 10 минут поле частотой всего в несколько десятков герц. Как объяснили ученые, именно колебание нанодисков запускает процесс разрушения раковых клеток. Детали этой работы приводятся в номере журнала "Нейчур материалз" /Nature Materials/ за 29 ноября. В то время как эти инновационные методы лечения онкологических заболеваний

исследуются в лабораторных условиях, рак продолжает оставаться одной из главных причин смертности в США, занимая второе место после сердечно-сосудистых заболеваний. Только в прошлом году его жертвами стали свыше полумиллиона американцев.

Но наибольшие перспективы для развития медицины открывает применение нанороботов. Рекомендуем посмотреть небольшой видеофильм на эту тему.

http://www.youtube.com/watch?v=M9v6o_JS7nc

Разработанные должным образом нанороботы будут способны лечить множество заболеваний. Так как их размер предполагает, что они смогут переносить только очень малую часть медикаментов или инструментов, многие учёные и инженеры верят, что благодаря точности нанороботы будут более эффективны по сравнению с традиционными методами. К примеру, врач должен ввести в организм пациента мощный антибиотик через шприц, чтобы помочь его иммунной системе. После путешествия по кровеносной системе пациента концентрация антибиотика сильно снижается, поэтому только малая часть доходит до инфицированного места. В то же время один или группа медицинских нанороботов будут способны перемещаться точно к месту с инфекцией и доставлять малую часть медикаментов. К тому же побочные эффекты от лекарств будут минимальны и пациент будет чувствовать себя лучше. Таким образом, нанороботы в медицине смогут коренным образом поменять ситуацию.

Прежде всего, нанороботы помогут в борьбе с атеросклерозом. Стенки артерий сужаются, и по этой причине затрудняется поток крови к тканям и органам человека.



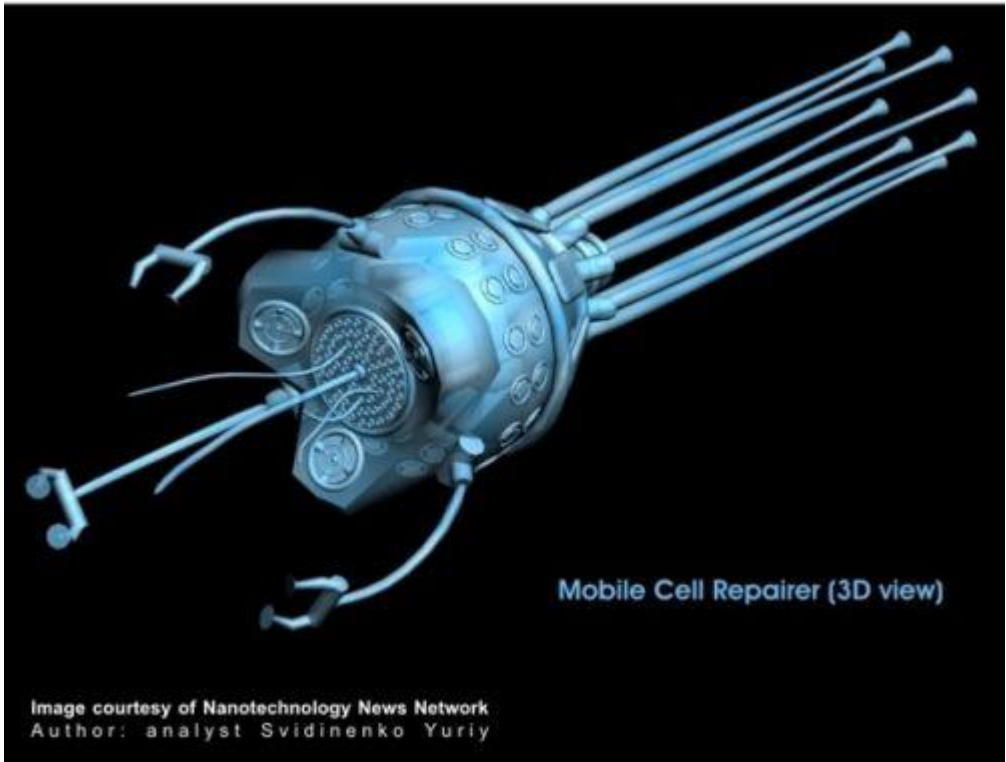
Учёные, врачи и инженеры полагают, что медицинское применение нанороботов будет практически неограничено. Вот некоторые из них:

- Лечение атеросклероза: атеросклерозом называется состояние, когда на стенках артерий образуются бляшки. Нанороботы смогут лечить данный недуг путём «срезания» бляшек, которые впоследствии выйдут в кровотоки.
- Ликвидация сгустков крови (тромбов): сгустки крови могут вызвать ряд неприятностей от гангрены до паралича. Нанороботы будут способны перемещаться к тромбу и разбивать его. Этот процесс один из самых опасных применений нанороботов – робот должен будет способен удалить сгусток, не теряя при этом в кровоток ни малейшей его части, который сможет попасть куда угодно в организме и вызвать большие проблемы. Наноробот также должен быть достаточно маленьким, чтобы самому не стать препятствием на пути крови.
- Борьба с раком: врачи надеются использовать нанороботов для лечения пациентов с раком. Роботы могут либо уничтожать рак напрямую используя лазер, микроволны или ультразвук, либо же они могут быть частью химиотерапии, доставляя медикаменты напрямую к раковым участкам. Доктора утверждают, что точная доставка маленьких доз медикаментозных веществ в организм пациента способна минимизировать побочное действие без потери эффективности.
- Ускорение свёртывания крови: один из особых видов нанороботов – искусственный тромбоцит. Вещество, которое переносит наноробот-тромбоцит, при контакте с плазмой крови превращается в вязкую мембрану. Таким образом, при использовании искусственных тромбоцитов сворачивание крови может происходить в 1000 раз быстрее, чем происходит натуральное сворачивание. Врачи могли бы использовать этих нанороботов для терапии гемофилии или пациентов с серьёзными открытыми ранами.
- Лечение подагры: подагра – это состояние, при котором почки теряют способность удалять отходы от расщепления жиров из кровеносной системы. Эти отходы иногда кристаллизуются в точках у суставов, таких как колени или щиколотки. Люди, страдающие от подагры, испытывают сильнейшую боль в этих местах. Наноробот смог бы разбить эти кристаллические структуры на суставах, обеспечивая облегчение симптомов, хотя это не смогло бы улучшить состояние навсегда.
- Удаление камней в почках: почечные камни могут быть необычайно болезненны. Чем больше камень, тем сложнее от него избавиться. Врачи удаляют большие камни при помощи ультразвуковых частот, но это не всегда эффективно. Наноробот смог бы удалить почечный камень, используя маленький лазер.

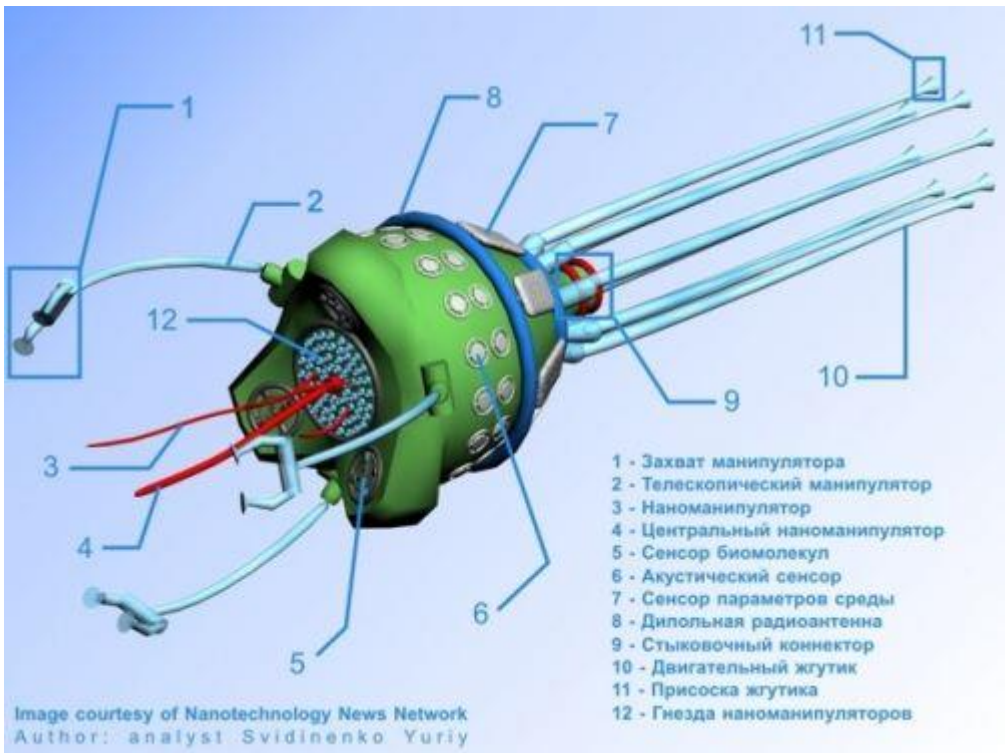
- Чистка ран: нанороботы будут помогать удалять мусор из раны, уменьшая вероятность инфекции. Особенно, они могут использоваться при колотых ранах, где сложно использовать обычные методы.

К этому можно добавить борьбу с паразитами: нанороботы могут вести микроскопическую войну с бактериями и маленькими паразитическими организмами внутри организма пациента. Для полной ликвидации паразитов может потребоваться несколько нанороботов. И уж совсем смелое утверждение: рано или поздно нанотехнологии помогут человеку обрести бессмертие!

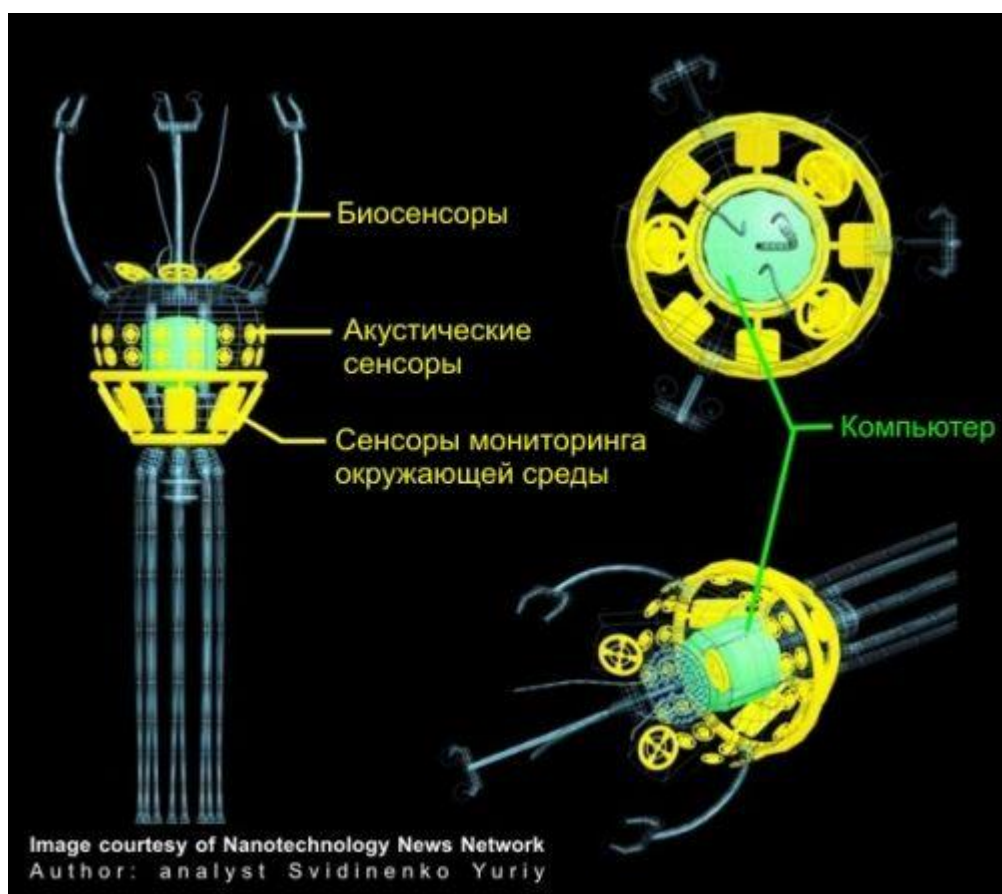
Что собой представляет и как работает медицинский робот общего применения? Так как основная функция наноробота – передвижение по кровеносной системе человека, то он должен иметь мощную навигационную систему. Устройству необходимо иметь несколько типов различных сенсоров для мониторинга окружающей среды, навигации, коммуникации и работы с отдельными молекулами. Также нанороботу необходима мощная транспортная система, доставляющая отдельные атомы и молекулы от хранилищ к наноманипуляторам, и обратно. Для работы с пораженными структурами устройство будет оборудовано набором телескопических наноманипуляторов разного применения. Материал, из которого будет изготовлен наноробот – алмазоид или сапфирид. Это обеспечит биосовместимость человека и большого количества наномашин. Также необходимо наличие приемо – передаточных устройств, позволяющих нанороботам связываться друг с другом. И наконец, для удержания крупных объектов необходимы телескопические захваты. В идеальном случае, это устройство будет способно «ремонттировать» поврежденные клетки, ткани; производить диагностику и лечение раковых заболеваний и картографировать кровеносные сосуды; производить анализ ДНК с последующей ее корректировкой; уничтожать бактерии, вирусы, и т.п. Максимальный размер устройства не должен превышать $1 \times 1 \times 3$ микрона (без двигательных жгутиков).



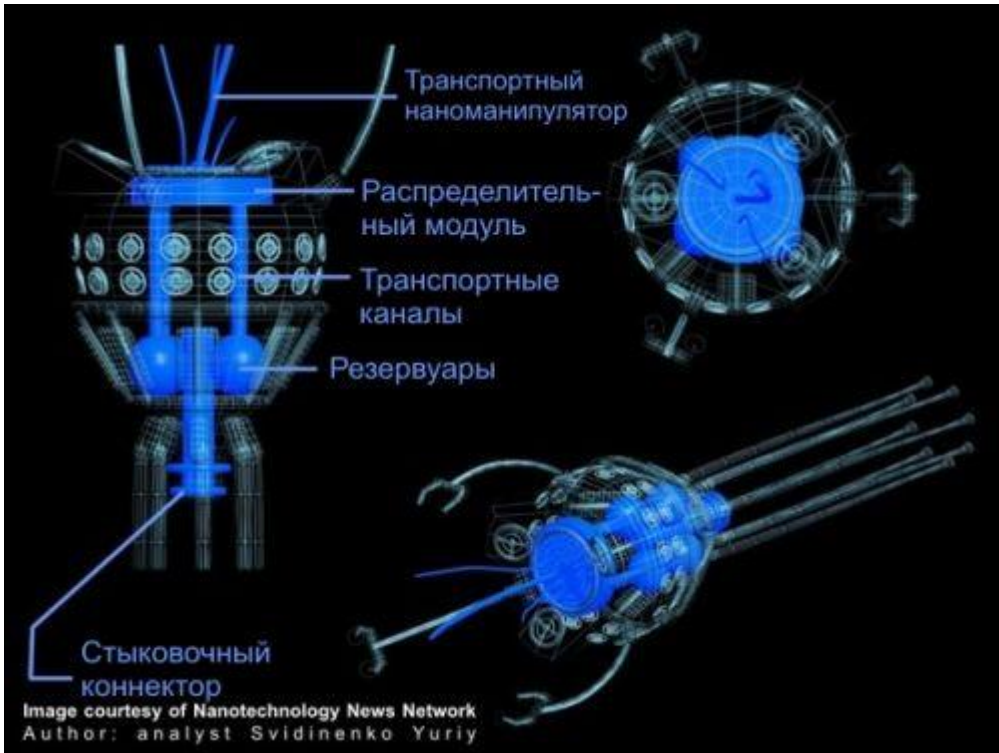
Медицинский наноробот общего применения из алмаза



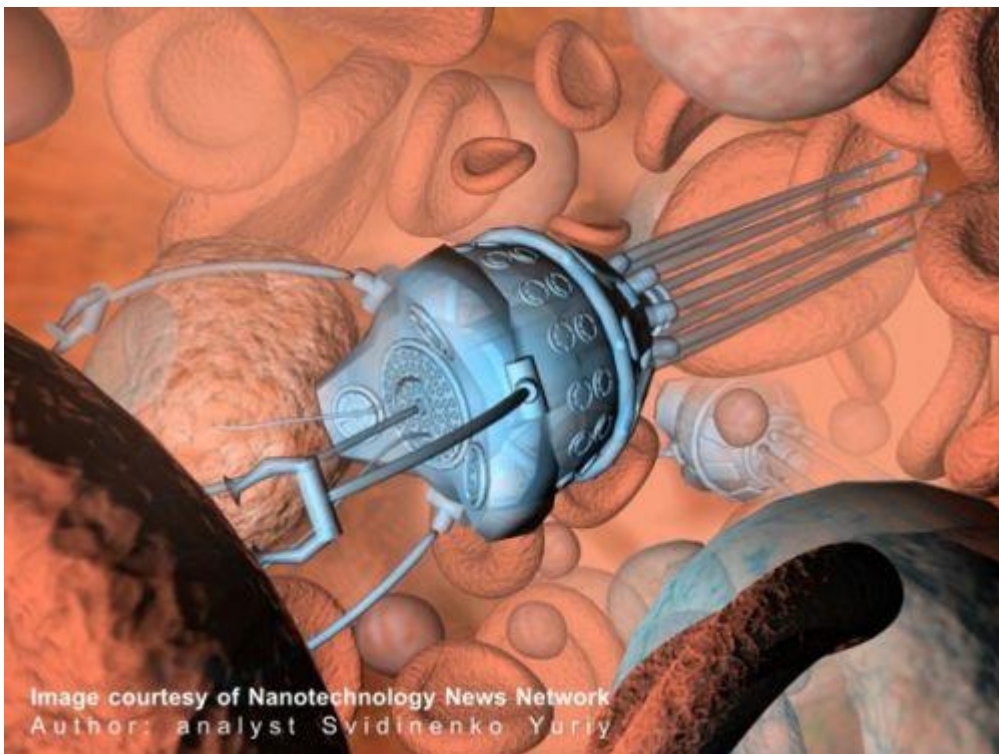
Наноманипуляторы, механические захваты и жгутики должны быть телескопическими и при необходимости должны складываться в корпус робота для того, чтобы робот смог лучше передвигаться в кровеносном русле. Иммунная система в основном реагирует на «чужеродные» поверхности. Размер наноробота также играет важную роль при этом, так же как и мобильность устройства, шероховатость поверхности и ее подвижность. Ряд проделанных экспериментов подтвердил, что гладкие алмазоидные структуры вызывают меньшую активность лейкоцитов и меньше адсорбируют фибриноген. Поэтому кажется разумным надеяться, что такое алмазоидное покрытие («организованное», т.е. нанесенное атом-за-атомом, с нанометровой гладкостью), будет иметь очень низкую биологическую активность. Благодаря очень высокой поверхностной энергии алмазоидной поверхности и сильной ее гидрофобности, внешняя оболочка роботов будет полностью химически инертна. Для такого наноробота, можно будет использовать нанокomпьютер.



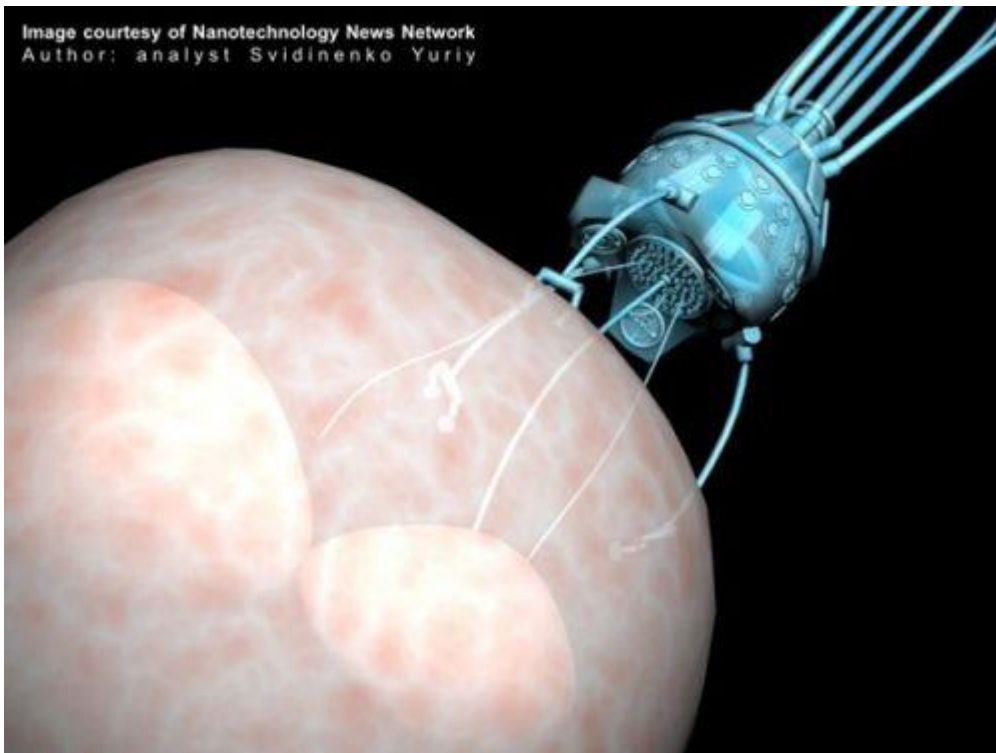
Сенсорная и обрабатывающая подсистема



Транспортная подсистема



Нанороботы в кровеносной системе



Наноробот ремонтирует клетку

Ссылка:

Robert A. Freitas Jr., Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities, Landes Bioscience, Georgetown, TX, 1999

<http://www.nanomedicine.com/>

Следующее применение наночастиц в медицине – определение уровня радиоактивного излучения, полученного человеком. Эти методы разрабатываются в Мичиганском университете (США). Планируется собрать первую экспериментальную группу из космонавтов, задачей которых будет постоянный контроль над радиационным фоном в космическом корабле на орбите. Работы по мониторингу состояния космонавтов ведутся уже давно, в настоящее время результатами исследований ученых Мичиганского университета заинтересовалась NASA, финансирующее данный проект. Ученых волнует вопрос, насколько надежно защищены космонавты от больших доз радиации (ведь они лишаются естественного защитного "зонтика" - магнитного поля Земли). Особенно актуальна эта проблема в случае возможных пилотируемых полетов на Луну или Марс. Даже специально разработанные материалы не смогут полностью обезопасить от космической радиации. Частицы с высокой энергией проникают в тела космонавтов и повреждают на своем пути все молекулы. Когда ДНК клетки повреждена, она начинает функционировать с нарушениями, часто приводящими к образованию раковых опухолей. Одно из решений данной

проблемы - использование наночастиц в качестве посредников между больными клетками и устройствами мониторинга. Теперь космонавту не надо будет сдавать кровь - степень облучения можно будет узнать с помощью лазерного сканера, исследующего сосуды сетчатки. Теодор Норрис отметил, что "если команда космонавтов, которая отправится на Марс, не будет пользоваться методами ранней диагностики лучевой болезни, то на Землю может никто не вернуться".

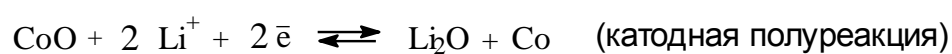
Некоторые нановации могут принести как пользу, так и вред, причем неизвестно, чего больше. В качестве примера можно упомянуть новомодные «нанокремы» от загара. Группа американских ученых обнаружила, что крошечные частицы, содержащиеся в некоторых кремах от загара, могут вызывать нарушения нервной системы, сообщает Филипп Болл в журнале «Nature». Подобные микроскопические частицы также можно обнаружить в составе зубных паст и косметических препаратов. Исследователи не утверждают, что эти частицы обязательно наносят вред человеческому организму. Тем не менее, их нельзя считать безопасными для человека только потому, что частицы того же вещества большего размера не оказывают никакого влияния на организм. Беллина Веронези с коллегами из Агентства по охране окружающей среды США в Северной Каролине изучали влияние наночастиц титания (оксид титана) на культуры клеток микроглии мыши (микроглиальные клетки окружают нейроны и обеспечивают поступление к ним питательных веществ, кроме того, эти клетки защищают нейроны от негативных воздействий). Титаний – краситель белого цвета, традиционно считающийся нетоксичным. В виде мелкой пудры он применяется при изготовлении многих кремов от загара, благодаря своей способности поглощать ультрафиолетовое излучение. В некоторых из таких кремов частицы титания измельчены до нанометровых размеров. Настолько мелкие частицы уже не имеют белого цвета, а становятся прозрачными, что позволяет избежать неприятного эффекта бледности кожи при нанесении крема. Исследователи обнаружили, что наночастицы титания способствуют образованию внутри клетки определенных химических веществ, которые защищают ее при кратковременном выделении, однако при более длительном времени воздействия представляют для клетки серьезную опасность. В экспериментах по обработке культур микроглиальных клеток наночастицами титания было показано, что они способствуют пролонгированному выделению таких веществ в клетке.

В химической промышленности «по умолчанию» принято утверждение, что если большие частицы какого-либо вещества безопасны, то и в измельченном виде такое вещество не нанесет вреда. Однако такое утверждение может являться неправомерным, и в каждом конкретном случае требует дополнительного подтверждения. Специалистам, работающим с

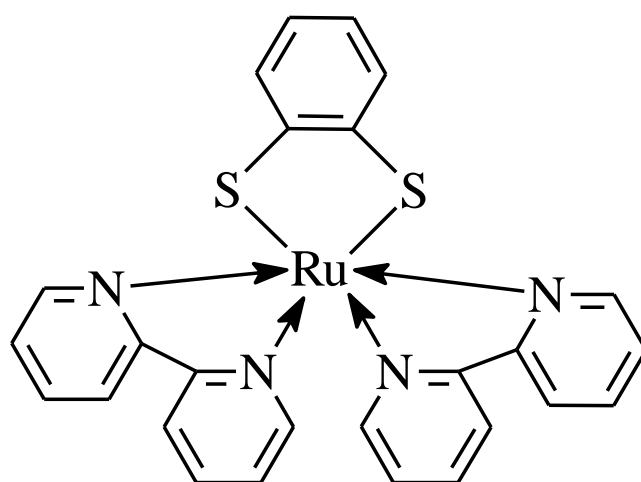
наночастицами, хорошо известно, что размер имеет значение: когда речь идет о нанометровых порядках величины, свойства вещества могут меняться самым неожиданным образом. Прежде всего, необходимо отметить, что химическая активность вещества, измельченного до состояния пудры, зависит от площади поверхности частиц. Чем она меньше, тем выше активность. Кроме того, изменение свойств измельченного вещества может быть связано с действием квантово-механических законов. Именно квантово-механические эффекты вызывают изменение цвета светоиспускающих наночастиц при изменении их размера. Если же говорить о живых организмах, то наночастицы «путешествуют» здесь по совсем другим маршрутам, нежели крупные части того же вещества. Так, они могут прямо попадать в мозг из кровеносной системы. В норме частицы большого размера не могут проникнуть в мозг таким образом из-за наличия гематоэнцефалического барьера – сложной многоступенчатой системы защиты, ограничивающей доступ химических веществ к нейронам и глиальным клеткам внутри мозга. Наночастицы могут преодолевать этот барьер, в связи с чем безопасность таких частиц следует изучать отдельно, фактически, рассматривая их как новое вещество.

2.3. Новые источники электрического тока

. Одна из насущных проблем науки и техники — создание более экономичных и экологически безвредных источников электрического тока. Наночастицы начинают применяться в литиевых электрических батареях и аккумуляторах. Изучалась возможность применения наночастиц оксидов переходных металлов (CoO, NiO, FeO, CuO) размером 1-5 нм в качестве материалов для электродов литиевых батарей [20]. В таких источниках тока протекают следующие окислительно-восстановительные реакции:

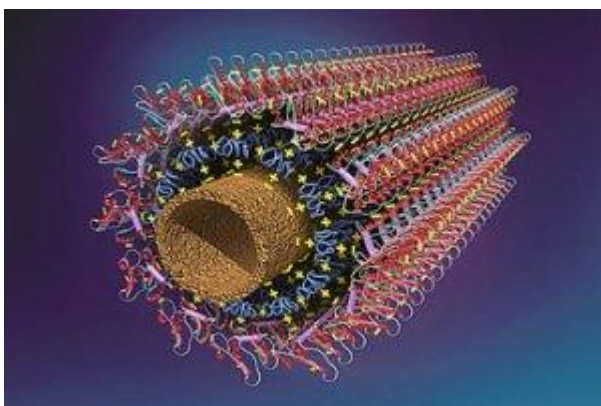


В Японии разработан миниатюрный топливный элемент, использующий в качестве электрода углеродные нанотрубки [21]. Замена активированного угля на пористый нанотрубчатый углерод повышает отдаваемую мощность элемента на 20 %. Намечены пути расширения использования нового наноматериала в миниатюрных источниках тока, встраиваемых в различные исполнительные устройства. Интересно и сообщение японского Национального института передовых технологий «АИСТ» («Advanced Industrial Science and Technology» — AIST) о разработке молекулярных солнечных батареек [22]. Для этой цели синтезированы комплексы рутения с такими лигандами, как дипиридил и дитиолы типа



Такие комплексы пригодны для использования в качестве сенсбилизаторов нанокристаллических пленочных электродов из TiO_2 для солнечных источников тока.

Новым перспективным источником электрического тока обещают стать углеродные нанотрубки. Они придут на смену традиционным методам



генерации электричества при помощи турбин. В будущем углеродные нанотрубки, собранные из индивидуальных атомов, смогут питать электричеством буквально всё – от сотовых телефонов до автомобилей. По прогнозам ученых первые подобные системы генерации тока должны появиться примерно лет через пять. В разработке физиков из Массачусетса углеродные нанотрубки были чрезвычайно тонкими – почти в 30 000 раз тоньше человеческого волоса. Когда углерод организуется в нанотрубки, то он начинает проявлять необычные для себя свойства, такие как высокая теплопроводность, которая и стала основой в данной разработке. В новой системе массив из углеродных нанотрубок погружался в топливо, например в бензин или этанол, затем с одного края установки начинался нагрев. Топливо реагировало на растущую температуру и производило еще больше тепла, причем трубки в данном случае выступали как катализатор тепла. Устройство, созданное в Массачусетсе, способно произвести в 10 раз больше электричества, чем обычная литий-ионная батарея той же массы.

Столь же интересно применение в медицине будущего нанопроволоки. С её помощью возможно изготовление батарей для кардиостимуляторов. Изобретение ученых Технологического института Джорджии (Georgia Institute of Technology) позволяет значительно продвинуться в этом направлении, избавившись как от традиционной батареи, так и от проводов, доставляющих энергию к имплантату. Созданное командой ученых под руководством профессора Жонг Лин Вонга (Zhong Lin Wang) устройство под названием Muscle-Driven In Vivo Nanogenerator конвертирует кинетическую энергию сокращающихся мышц в электроэнергию, питающую двигатель имплантата. Для наногенератора используется нанопроволока из оксида цинка, способная производить электроэнергию под воздействием внешнего механического усилия благодаря пьезоэлектрическому эффекту. Первые наногенераторы команда Жонг Лин Вонга продемонстрировала еще в 2005 году. В настоящее время опытный образец наногенератора проходит испытания на крысах. Устройство вживляется или в диафрагму или в сердце. Первоочередной задачей ученых является повышение мощности устройства до величины, достаточной для обеспечения электрокардиостимулятора энергией в полном объеме.

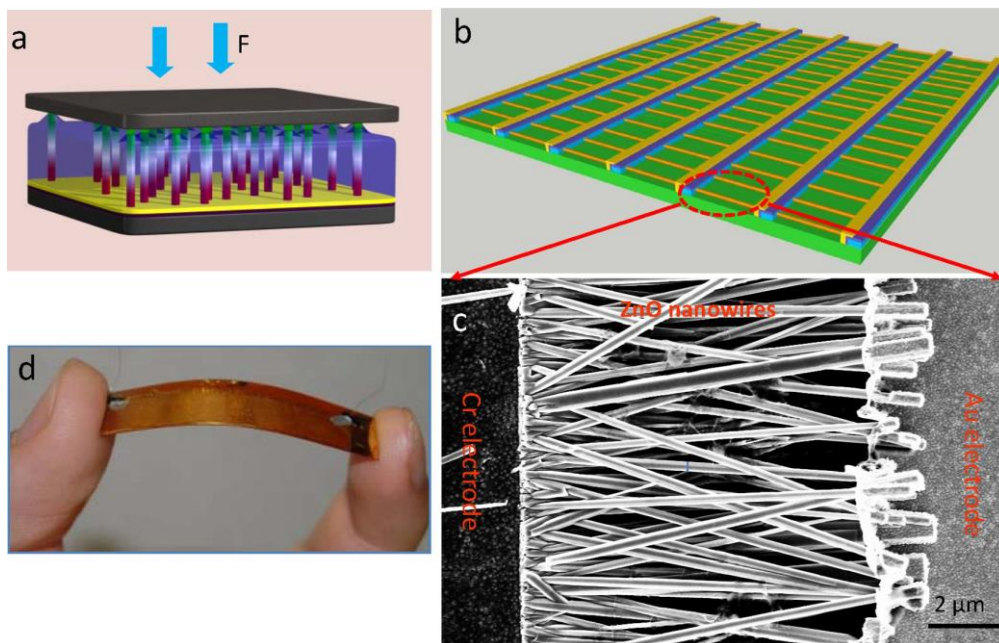
Наногенераторы способны преобразовывать механическую энергию человека в электрическую. Учеными создан наногенератор для микроскопических устройств. Чжун Линь Ван, профессор школы материаловедения и инжиниринга института технологии Джорджии, создал наногенератор, способный вырабатывать крошечное количество электричества из внешних механических возмущений - потока воды или воздуха, других источников механической энергии. При помощи процесса осаждения пара сложного состава на подложке из сапфира, предварительно

покрытого наночастицами золота, в качестве катализатора, профессор Ван и его коллеги сумели вырастить на крошечном пятачке "лес" из вертикально стоящих нанопроводков из оксида цинка (пьезоэлектрик и полупроводник). Столбики эти имели размеры от 200 до 500 нанометров в длину и от 20 до 40 нанометров в диаметре. Шаг проводков составлял приблизительно 100 нанометров. Плёнка оксида цинка также возникала на поверхности подложки, создавая электрическое соединение для всех нанопроводников.

По замыслу авторов проекта, наногенераторы, такие как этот прототип, будут производить ток по мере того, как внешние возмущения будут сгибать и затем отпускать нанопровода (примерно, как сгибаются и разгибаются упругие шерстинки, когда вы проводите рукой по ковру). Используя наконечник атомного силового микроскопа для сгибания этих столбиков, Ван показал, что они действительно производят напряжение, как пьезоэлектрики. Решётку из таких проводков, или "коврик", можно изготовить куда меньшего размера - в масштабе нескольких микронов. Тогда эти генераторы можно встроить в разнообразные сверхминиатюрные устройства, вроде датчиков в теле пациента. "Наши тела способны преобразовывать химическую энергию глюкозы в механическую энергию мускулов, - пояснил Ван, - Эти наногенераторы могут взять эту механическую энергию и преобразовать её в электрическую для того, чтобы приводить в действие устройства в теле. Это может открыть огромные возможности для вживляемых медицинских устройств".

Наногенераторы подобного типа найдут и другое, не менее интересное, применение. Они заменят традиционные зарядные устройства мобильных телефонов. Ученые утверждают, что совсем скоро наступит время, когда мы сможем подзаряжать наши мобильные телефоны всего лишь помахивая рукой, или протягивая ее для рукопожатия, или прогуливаясь по улице. Или даже просто биением нашего сердца! Не будет необходимости включать приборы в розетку, они будут заряжаться от энергии от движения нашего тела, или циркуляции крови в организме. Столь незначительных энергий будет вполне достаточно для подзарядки батарей мобильных устройств. Такое заявление сделал Чжун Линь Ван из Технологического института Джорджии, получивший эти удивительные результаты. Дело в том, что при движении наше тело производит механическую энергию. Её количества недостаточно для подзарядки батарей. Если не придет на помощь наногенератор. Наногенератор представляет собой миниатюрное устройство, состоящее из нановолокон оксида цинка, обладающих известным пьезоэлектрическим эффектом под воздействием незначительных механических энергий. Не вызывает сомнения, что подобные

генераторы найдут широкое применение, как в быту, так и в промышленном производстве.



Наногенераторы

2.4. Охрана окружающей среды

По сообщению в немецком журнале «Гальванотехника» на одном из предприятий филиала фирмы «Форд» в Кёльне была введена в эксплуатацию новая, самая современная установка для нанофильтрации по совместной технологии «Форд» и «Хенкель» [23]. Установка предназначена для очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы. Такие водные стоки поступают с участка нанесения защитных покрытий на детали автомобилей — двери, капоты и крылья. Новая технология обеспечивает снижение на 20 % расхода

химических реагентов в системе водооборотного цикла производительностью 6000 литров в час. Содержание никеля в шламе сточных вод сокращается почти на 100 %.

Французский «Информационный бюллетень по промышленной керамике» сообщал, что некоторые наноматериалы используются в катализаторах для очистки автомобильных газовых выхлопов, а также в фильтрах [24]. На примере дизельного двигателя, в наибольшей степени загрязняющего окружающую среду, рассмотрены внедренные разработки каталитических и фильтрующих систем с применением наноматериалов.

Нанотехнологии призваны сыграть большую роль в охране окружающей среды. Экологическое направление нанохимии во многом связано с изучением поведения наночастиц в окружающей среде. Как выяснилось, значительная часть веществ окружающей среды перемещается в пространстве в виде наночастиц и их агрегатов. В атмосфере и гидросфере непрерывно образуются природные и техногенные аэрозоли и коллоиды. Они формируются и мигрируют в многофазных природных системах при циклическом изменении свойств среды. Выявление многофазности и цикличности, а также решение задач о миграции конкретных веществ в виде наночастиц и их агрегатов в окружающей среде – основные цели экологического направления. К этому направлению можно отнести также разработку способов очистки воздуха от аэрозолей и воды от коллоидов. Существующие способы обеспечивают очистку в $10^3 - 10^4$ раз, а для обезвреживания аварийных выбросов на химических производствах или АЭС нужна очистка в $10^5 - 10^6$ раз.

Глубокой очистки от аэрозольных наночастиц пытаются добиться с помощью фильтров, химически связывающих наночастицы, а также путем соосаждения с носителем. Например, установлено, что частицы CsI, которые могут образовываться при авариях на АЭС, можно извлечь из воздуха с помощью хлорида аммония. Если воздух, содержащий наночастицы, смешать с хлороводородом и аммиаком, то в смеси сформируются кристаллы NH_4Cl , которые захватят наночастицы. Кристаллы быстро осядут, что приведет к очистке воздуха от наночастиц. Для очистки газовых выбросов разрабатываются фильтрующие мембраны из наноструктурированных пористых материалов на основе оксида-гидроксида алюминия или оксида железа с размером наночастиц 10-500 нм. При прохождении воздуха через такую мембрану происходит каталитическое окисление органических примесей, обезвреживание бактерий, вирусов и пестицидов.

Рост темпов добычи нефти наносит непоправимый ущерб экологии. Аварии нефтяных танкеров, содержимое которых покрывает токсичной пленкой огромные площади в Мировом океане, несут катастрофическую опасность для всех биологических видов, обитающих в районе загрязнений.



Нефтяная пленка на поверхности воды

Даже если предотвратить все аварии, ситуация улучшится ненамного, ведь только ежегодный объем утечки нефти с буровых платформ и из многочисленных скважин оценивается в 100 тыс.т. Между тем, всего 100—200 л нефти могут покрыть 1 кв. км поверхности моря пленкой толщиной 0,1 мм, вязкость которой уже через сутки увеличивается настолько, что образуются смолообразные комки. И пока не придумано действенных способов сокращения попадания нефти в моря и океаны, ученые изобретают средства борьбы с уже разлившейся нефтью. Создано особое «нанополотенце», эффективно очищающее воду от нефти и других углеводородных загрязнений. Оно состоит из специальных нановолокон, абсорбирующих количество нефти, в 20 раз превышающее собственный вес. Нановолокна состоят из множества мельчайших пор, которые по своей структуре напоминают капилляры, что позволяет им впитывать и удерживать жидкость. Водоотталкивающее покрытие не дает воде проникнуть через мембрану, но пропускает гидрофобные маслянистые жидкости, такие как нефть. При этом технология производства «нанополотенцев» достаточно проста. Они создаются примерно по тому же алгоритму, что и обычная бумага: суспензия из нановолокон высушивается, прессуется и получается тонкое бумажное полотенце. Автор изобретения Франческо Стеллаччи добился того, что новый материал может находиться в воде месяц или два и оставаться при этом сухим. Если в эту воду попадут загрязняющие вещества, они тут же будут абсорбированы. Если покрыть таким полотенцем наиболее рискованные зоны в районе нефтяных вышек, то экологическая безопасность обеспечивается заблаговременно, а не восстанавливается в экстренном порядке уже после разлива нефти.

Нельзя обойти молчанием и противоположный аспект влияния нанотехнологий на окружающую среду. Нанотехнологии могут принести огромную пользу, но и причинить огромный вред. Они могут представлять угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Основной «строительной единицей» нанопроизводства является атом. Из этих элементарных частиц осуществляется «сборка» различных «микроструктур»: нанотрубок, «нанолекарств», полупроводников нового поколения и т.д. Полученные нанотехнологические продукты обладают поистине фантастическими свойствами. Они сверх прочны, сверх активны и сверх малы. Опасность наноматериалов в первую очередь заключается в их микроскопических размерах. Во-первых, благодаря малым размерам, они химически более активны, вследствие большой суммарной площади поверхности «нановещества», в результате чего малотоксичное вещество может стать очень токсичным. Во-вторых, химические свойства «нановещества» могут в значительной степени меняться из-за проявлений квантовых эффектов, что в итоге может сделать безопасное вещество очень опасным. В-третьих, в силу своих малых размеров наночастицы свободно проходят сквозь клеточные мембраны, повреждая клеточные органеллы и нарушая работу клеток. Представьте себе попавшие в клетку многочисленные «иголки» нанотрубок, которые при движении с клеточным соком ломают и крушат всё на своём пути.

Уже сегодня нанотехнологии шагнули практически во все сферы жизни. Наночастицы сейчас используются даже в парфюмерии. Некоторые солнцезащитные кремы содержат наночастицы оксида титана, который очень эффективно поглощает ультрафиолетовое излучение, а благодаря микроскопическим размерам наночастиц является абсолютно незаметным для глаза, что позволяет избавиться от белого оттенка, который обычно образуется при нанесении «традиционного» крема. Это вызывает определённые опасения, особенно после публикации ряда исследований. Так учёные, распыляя в вольерах с крысами аэрозоль, содержащую углеродные нанотрубки, установили, что это влечёт за собой тотальную гибель подопытных животных. Углеродные трубки без особого труда попадали в клетки лёгких животных, вызывая серьёзные нарушения в клетках, и дальше разносились кровотоком по всему организму. Недавно в СМИ появлялись публикации о «чудо-носках» с наночастицами серебра, которые избавляют эту часть мужского гардероба от неприятного запаха. К счастью, учёные вовремя установили, что в результате стирки этих носков наночастицы серебра оказываются в воде, где способны вызывать тяжёлые нарушения репродуктивных функций, а также работы мозга водных организмов. Если учесть, что рано или поздно все канализационные сбросы оказываются в природных водоёмах, то нетрудно представить, что будет с водными организмами и людьми, использующими эту воду в питьевых целях. Через все существующие на сегодняшний день фильтры и системы очистки

наночастицы проходят, как вода сквозь решето. При активном использовании нанотехнологий в быту надо будет переходить от традиционных систем очистки, к системам очистки нового поколения.

В США недавно анонсировали «наноткань», для ликвидации нефтяных разливов. Заявлялось, что эта «чудо-ткань» абсорбирует нефти в 20 раз больше своего веса. К сожалению, о возможных последствиях использования этой «наноткани» не было сказано ни слова. Можно с уверенностью сказать, что повреждения этого высокотехнологичного материала при использовании неизбежны, а это значит, что фрагменты нановолокон в итоге окажутся в клетках живых организмов, а далее «отправятся в путешествие» по пищевым цепям. В настоящее время можно с уверенностью сказать, что активное развитие нанотехнологии вызовет революцию и в экологии. В ближайшем будущем появятся такие новые слова, как «наноэкология», «нанозагрязнение», «нанотоксикология»... На смену экологии индустриального общества должна прийти экология постиндустриального общества. Большинство существующих на сегодняшний день методик оценки качества окружающей среды направлено на выявление степени химического/физического загрязнения. Эти методики абсолютно не применимы для выявления «нанозагрязнения». Экологический мониторинг в будущем ждут большие перемены. Уже сейчас необходимо разрабатывать эффективные методы обнаружения наночастиц в природных средах (воде, воздухе и почве), разрабатывать методики определения токсичности наноматериалов и нормировать содержание различных наночастиц в окружающей среде, разрабатывать новые методы оценки воздействия на окружающую среду антропогенной деятельности. На сегодняшний день способов борьбы с «традиционным» химическим загрязнением, предостаточно, что нельзя сказать о предотвращении загрязнения окружающей среды «наночастицами». Здесь «традиционные» фильтры и системы очистки абсолютно бесполезны. Необходимо уже сейчас начинать работу над очистными системами нового поколения.

Особые опасения вызывает нанооружие. Об этом будет сказано в отдельном разделе, но уместно поговорить об этом и здесь в аспекте охраны окружающей среды. Как известно из истории развития человечества, все передовые достижения науки первым делом внедряются в военной отрасли. Так, в США уже был анонсирован «нанотермит». Это взрывчатое вещество, упорядоченное на атомарном уровне, производит ещё больше энергии в единицу времени. Чудовищной силы взрывчатое вещество может быть начинено нанотрубками, которые при взрыве рассеиваются на большой площади, вызывая нарушения работы клеток и органов живой силы противника. Кроме того, как нанооружие, так и токсичные нановещества могут стать опасной «игрушкой» в руках террористов.

Эксперты Федерального агентства по охране окружающей среды Германии пришли к выводу, что промышленное использование нанотехнологий в пище, одежде, косметике и других товарах может представлять опасность для здоровья человека. Хотя никто не видел наночастицы невооруженным глазом, они повсюду. Такие частицы должны давать положительный эффект: при использовании в производстве носков они подавляют деятельность бактерий и тем самым уничтожают неприятный запах. В шоколадных батончиках нанотехнологии не дают поверхности продукта посереть, а в солнцезащитных кремах наночастицы блокируют ультрафиолетовые лучи. Однако экспертов насторожило участвовавшее использование наночастиц в промышленности. В своем исследовании управление потенциальными рисками предупреждает, что следует «воздержаться от использования продуктов, содержащих наноматериалы, до тех пор, пока их воздействие на окружающую среду и на здоровье человека не известно».

Более того, чтобы защитить потребителей от возможного негативного влияния на организм, германские ученые выступают с инициативой ввести маркировку для нано-товаров, подобную той, что применяется для генно-модифицированных продуктов. Наночастицы металлов, угля и органических соединений зачастую настолько малы, что при вдыхании могут глубоко проникнуть в ткани легких и вызвать воспаление. Некоторые частицы из легких попадают в кровеносную систему и с кровью разносятся по всем внутренним органам. Наночастицы искажают генную информацию. Ученые из Федерального агентства по охране окружающей среды ссылаются на результаты опытов над животными. В ходе экспериментов животным делали инъекции препаратов с высоким содержанием наночастиц. Эти частицы затем попадали в клетки, а далее — в клеточные ядра. Здесь они вызывали нарушения в структуре ДНК, что приводит к искажению генной информации. Существуют доказательства, что углеродные нанотрубки могут вызвать заболевания, схожие с теми, что возникают из-за частиц асбеста.

В целом, Федеральное агентство по окружающей среде Германии не против нанотехнологий, и многие способы их промышленного применения являются безопасными. А некоторые технологии даже, напротив, могут способствовать защите окружающей среды, считают исследователи из германского ведомства. Примером могут служить автомобильные шины, содержащие наночастицы сажи: они понижают сопротивление движению и таким образом сокращают расход топлива. Но мы ещё очень мало знаем, чем чреваты нанотехнологии для будущего. Основные опасения экспертов связаны с низкой изученностью последствий применения нанотехнологий. Так, только в Германии существует более 800 предприятий, работающих с

нанотехнологиями, и их деятельность не регулируется никаким законом. Единственное постановление ЕС касается косметики: с 2012 года косметика на основе нанотехнологий должна будет продаваться со специальной маркировкой.

Следует отметить, что представители российских властей также неоднократно высказывались о возможной опасности нанотехнологий. Так, в апреле 2009 года российский вице-премьер Сергей Иванов заявлял, что наноматериалы обладают уникальной биологической активностью и проникающей способностью, что и делает их опасными для здоровья. По словам Иванова, необходимо оценить безопасность наноматериалов и создать нормативно-правовую базу в данной сфере. С похожими заявлениями выступил и главный санитарный врач страны Геннадий Онищенко. «Наноматериалы могут обладать совершенно иными физико-химическими свойствами, оказывать новое токсическое воздействие», — говорят эксперты. В 2008 году нанотехнологии вошли в список 25 самых страшных угроз человечеству, составленный британскими экологами и учеными для журнала *New Scientist*.

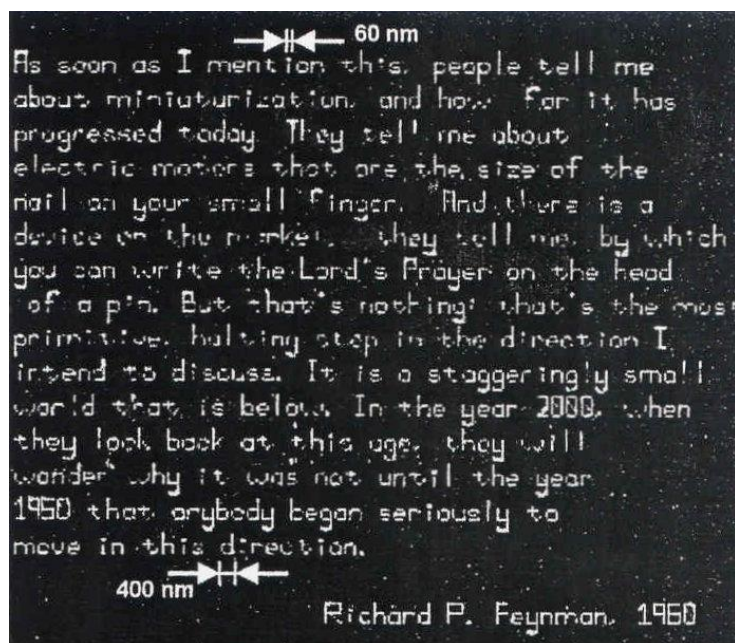
2.5. Наноразмерные приборы и устройства

Создание наноприборов и наноустройств связано, прежде всего, с новыми мембранными технологиями. В Массачусетском технологическом институте (США) разработаны пленки-мембраны из дендримеров для разделения жидкостей и газов. Для этого синтезированы дендримеры с заданным размером внутренней полости, а к дендронам присоединены необходимые для адсорбции функциональные группы. С этой же целью проведены разработки по формированию пор в пластинке из нитрида кремния толщиной 500 нм, нанесенной на подложку из кремния [25]. Показано, что с помощью пучка ионов Ag^+ можно формировать отверстия размером от 1,8 до 60 нм. Эти результаты весьма важны для изготовления в будущем селективных мембран и различных наноустройств.

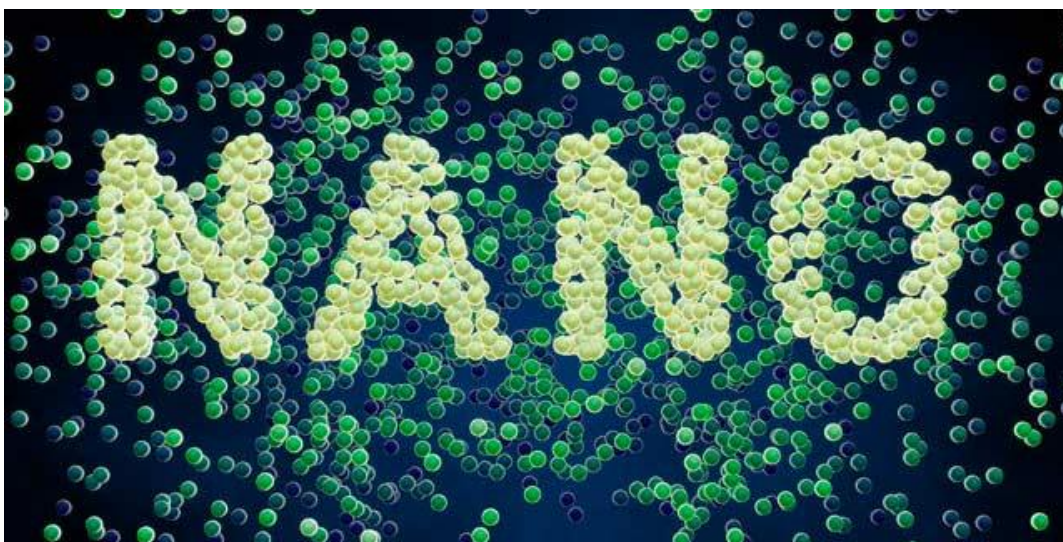
С той же целью продемонстрирована возможность прямого структурирования самоорганизованных монослоев наночастиц с помощью электронного луча. На поверхности кристалла кремния, модифицированного аморфным слоем Si_3N_4 , наносили самоорганизованный слой наночастиц (5,5 нм) золота, стабилизированных додекантиолом. Монослой подвергали воздействию электронного луча, который удалял с поверхности наночастиц молекулы додекантиола. «Оголенные» частицы смывали с подложки растворителем. В результате этих манипуляций на подложке формировалась

структура, «нарисованная» электронным лучом [26]. Для иллюстрации возможностей этого и аналогичных методов приводим рисунок с текстом, написанным в 2002 году в США при помощи атомно-силового микроскопа. Текст нанесен молекулами меркаптанов на поверхность золота (ширина линии 60 нм, ширина буквы 400 нм).

Методом самосборки получены наночастицы, на которых сначала был образован слой из асенида галлия, а затем на нем методом избирательного травления с помощью зонда атомно-силового микроскопа были размещены нанопроволоки из арсенида индия. Длина, ширина и толщина нанопроволок имели типичные значения соответственно 50-300, 20-100 и 10-30 нм. Оказалось, что полученные наноструктуры проводят электрический ток и могут быть использованы при изготовлении различных наноразмерных электромеханических устройств [27].



Текст, написанный молекулами меркаптанов на поверхности золота с помощью атомно-силового микроскопа.



Надпись, сделанная стабилизированными наночастицами золота с помощью атомного силового микроскопа

К числу достижений относится и получение нового класса синтетических мембран, состоящих из пористой полимерной подложки на основе промышленного микропористого поликарбоната с цилиндрическими порами и ансамблями нанотрубок золота. Последние получали методом осаждения золота на стенках пор. Полученные нанотрубки золота имели размер порядка 1 нм. Свойствами таких нанотрубок можно управлять путем хемосорбции тиолов. В перспективе эта и другие разработки в данной области могут приобрести большое значение для развития мембранных технологий [28].

Особый интерес представляют наномеханические устройства на основе дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Они разрабатываются в университете Дортмунда (Германия). Не имея возможности комментировать в настоящей книге эти, в высшей степени интересные, разработки, рекомендуем читателю первоисточник [29].

Всевозможные наноприборы и наномашинны станут в будущем обычным делом. Среди них – актуаторы, преобразующие электрическую энергию в механическую, или наоборот. Известно, что однослойные углеродные нанотрубки при сообщении им электрического заряда деформируются. Создан основанный на этом свойстве актуатор, использующий лист из однослойных углеродных нанотрубок, продольные оси которых лежат в плоскости листа, но случайным образом разориентированы друг относительно друга. Актуатор состоял

из полос размером 3 x 20 мм и толщиной 25 — 50 мкм. Две полоски соединялись друг с другом с помощью двустороннего скотча. Изолирующий пластиковый зажим скреплял листы сверху и фиксировал электрические контакты. Листы помещали в электролит из одномолярного раствора NaCl . Несколько вольт приложенного напряжения вызывают отклонение на конце актуатора до сантиметра, которое меняет направление на противоположное при изменении полярности напряжения. Подключение переменного напряжения вызывает колебания кантилевера. Хотя электронно-лучевую литографию можно использовать для получения кремниевых структур размером -10 нм и менее, производство наномашин в сколько-нибудь значительных количествах пока не организовано. Прежде чем будет достигнут существенный прогресс в технологии, необходимо преодолеть ряд трудностей. Первая проблема — это связь с наноустройством и определение его положения. Вторая сложность состоит в скудности имеющихся сведений о механическом поведении объектов, у которых до 10% атомов находятся на или около поверхности.

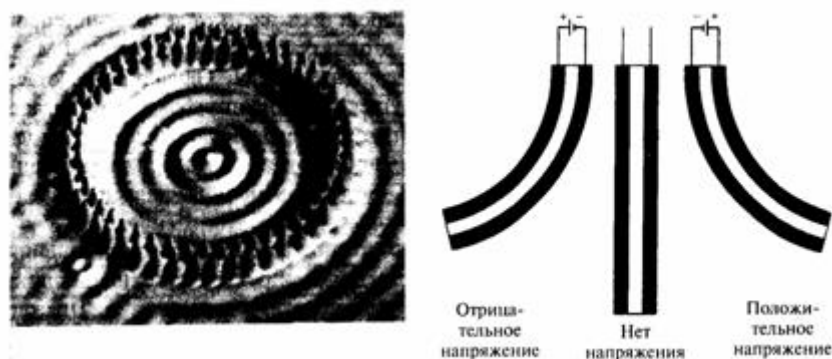
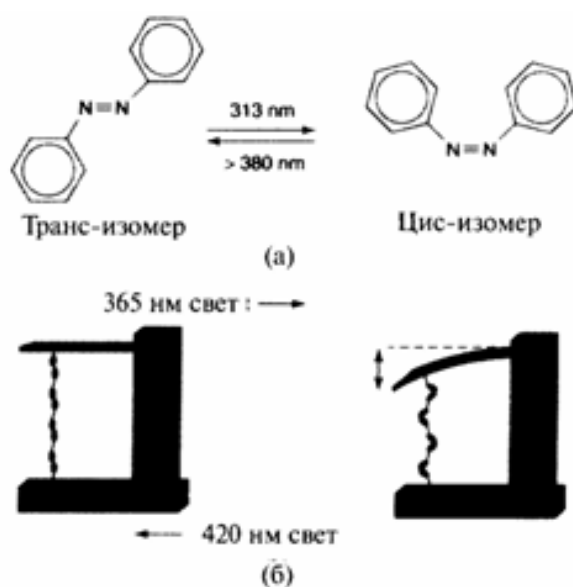


Схема актуатора, состоящего из двух листов однослойных нанотрубок, удерживаемых вместе двусторонним скотчем. На рисунке показано состояние при положительном напряжении (справа), нейтральное состояние (в центре) и состояние при отрицательном напряжении (слева).

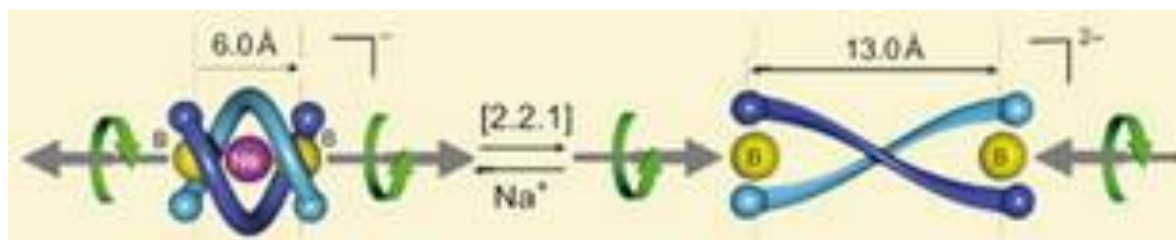
Огромный интерес представляют одномолекулярные наномашинны. Они открывают фантастическую возможность осуществлять превращение одного вид энергии в другой всего лишь на одной молекуле. Нетрудно представить себе, сколько таких «машин» может быть совмещено в миниатюрном наноустройстве и какие перспективы это открывает для самых разных отраслей техники будущего. Поясним это на одном примере.

Молекула азобензола при облучении светом длиной волны 313 нм может изменить свою конфигурацию с транс-изомерной на цис-изомерную. Облучая цис-изомер светом с длиной волны более 380 нм, можно вернуть цис-форму в первоначальную транс-форму. Эти две формы различаются оптическим спектром поглощения. Заметим, что цис-изомер короче, чем транс-изомер. Азобензол можно полимеризовать, и в полимерной форме он также может подвергаться транс-цис превращению под действием 365-нанометрового излучения. Когда это происходит, длина полимерной цепочки уменьшается. Группа из Мюнхенского университета построила молекулярную машину, основанную на фотоизомеризации азобензольного полимера. Они прикрепили молекулу полимера в транс-форме к кантилеверу в атомном силовом микроскопе, а затем облучили его светом с длиной волны 365 нм, заставив полимер сжаться и изогнуть балку. Облучение светом с длиной волны 420 нм возвращает полимер в транс-форму, позволяя балке вернуться в исходное положение. При попеременном облучении полимера импульсами света 420 и 365 нм балка будет совершать колебания. Это — демонстрация искусственной одномолекулярной машины, которая преобразует энергию света в физическую работу.



Молекула азобензола, подвергаясь цис-транс-изомеризации при облучении, позволит создать наномашину для прямого преобразования световой энергии в механическую работу

На том же принципе основана и другое наноустройство – «молекулярная пружина». Она может сплетаться или расплетаться, многократно переходя в стандартные запрограммированные состояния. Одно из таких устройств, разработанное исследователями из Японии, может поворачивать микроскопические объекты в заданном направлении.

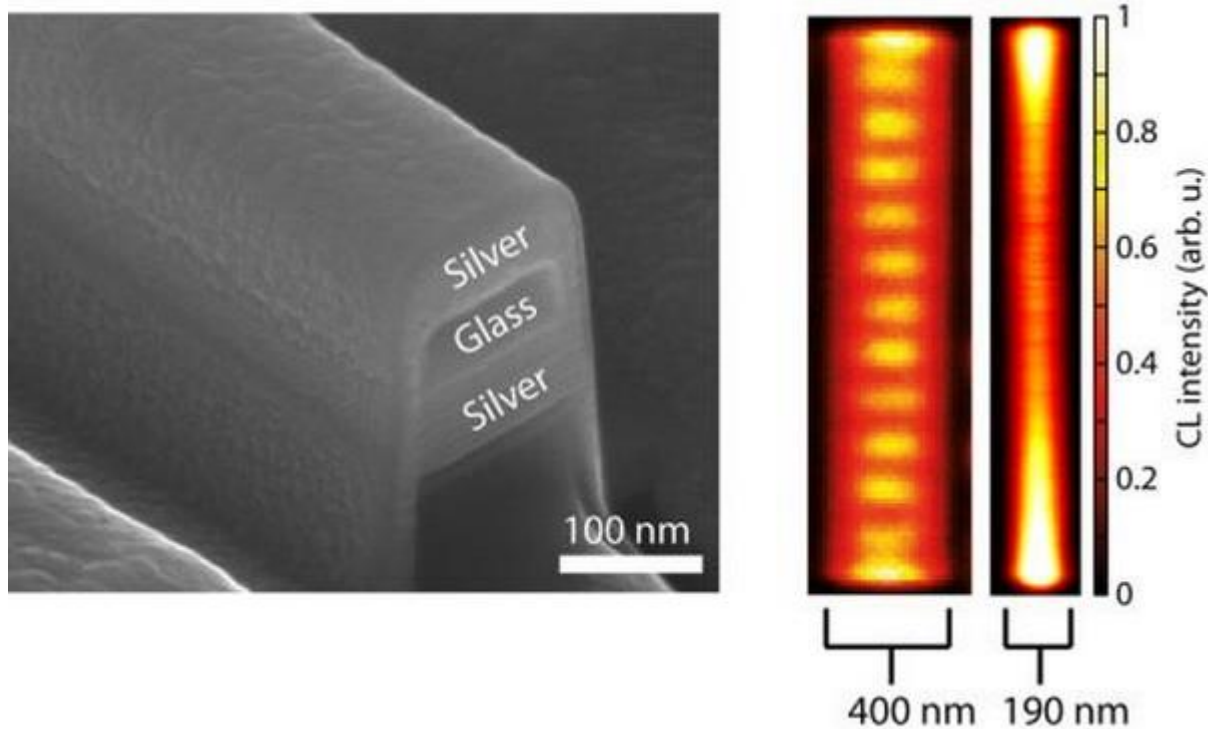


Уже синтезированы молекулы, способные имитировать работу мышц и перемещать объекты на наноуровне. Однако разработка молекулярных двигателей, способных инициировать вращение в определенном направлении – по часовой или против часовой стрелки, представляет собой гораздо более сложную задачу. Йосио Фурусо (Yoshio Furusho), работавший над этим проектом в Университете Нагойи, отмечает, что расширение и сжатие полученной ими молекулы напоминает движение макроскопической пружины. Нанопружина состоит из двух полимерных цепей, связанных между собой отрицательно заряженными мостиковыми боратными группами. Введение в систему положительно заряженных ионов натрия приводит к тому, что катионы натрия взаимодействуют с борат-анионами, в результате чего отрицательный заряд на боратных фрагментах компенсируется, электростатическое отталкивание между ними ослабевает, и боратные группы сближаются. Эти процессы приводят к тому, молекула сжимается примерно на 50% от своей исходной длины. В процессе удлинения молекулы две цепи полимера изгибаются, образуя подобие двойной спирали, такое изменение конформации полимерных молекул приводит к вращению молекулы. Применение в качестве связывающего мостика боратного фрагмента позволяет добиться однонаправленного вращения «нанопружины». Для того, чтобы молекулярная пружина вернулась в исходную форму, необходимо удалить ионы натрия, что можно сделать с помощью полидентатного лиганда, как, например, криптанда. Фурусо заявляет, что в настоящее время в его исследовательской группе работают над инкорпорированием двойной спиральной пружины в органогели и жидкокристаллические материалы, надеясь на то, что изменения на наноуровне приведут к изменениям в макроскопической системе.

Появляются сообщения, в правдობодобие которых с трудом верится. Одно из них гласит, что «наноприбор разогнал свет до бесконечности» <http://www.poan.ru/nauka/1837-nanosvet>



В этом сообщении утверждается, что ученые из Института атомной и молекулярной физики в Амстердаме и из Пенсильванского университета создали наноразмерное устройство, которое разогнало свет до бесконечной скорости. Скорость света в вакууме является постоянной величиной и составляет 300 000 000 метров в секунду. Эта скорость считается максимумом, с которым может двигаться любое материальное тело. Но в некоторых прозрачных средах, в воде или в стекле, свет распространяется медленнее, чем в вакууме. Различие между скоростями света в вакууме и в другой среде, в науке называется "показателем преломления", значение которого отражает насколько свет замедляется или ускоряется, проходя через границу между двумя средами. Именно "играя" с различными материалами и значениями их показателей преломления, ученым удалось создать оптическое устройство, своего рода метаматериал, имеющий показатель преломления, равный нулю. А это означает, что свет, попадая в такой материал, начинает распространяться с бесконечно большой скоростью.



Наноустройство представляет собой прямоугольный кристалл из диоксида кремния, стекла, имеющий толщину 85 нанометров и длину 2000 нанометров. Со всех сторон кристалл окружен слоем серебра, не позволяющим свету покинуть пределы кристалла. Из-за малых размеров устройства, свет, попавший в объем кристалла, ведет себя очень необычным образом. Он многократно отражается, складывается сам с собой, образуя стоячие волны, что приводит к возникновению темных и ярких областей в кристалле. При длине волны подаваемого в кристалл света, превышающей определенное значение, весь кристалл становится темным, но на одной особой длине волны весь кристалл начинает ярко сиять по всему объему. По мнению ученых, это означает, что все фотоны света движутся с бесконечно большой скоростью.

Ещё одно впечатляющее наноустройство – наноробот, способный собирать конструкции из молекул. Профессор Надриан Симан из Нью-Йорка в сотрудничестве с китайскими учеными из Университета Нанкина создал прототип наноробота, обладающего «туловищем» и двумя «конечностями», способного взаимодействовать с индивидуальными молекулами. По словам разработчиков, созданный робот может собирать молекулы вещества в заданные конструкции или размещать их по определенному алгоритму.



Наноробот представляет собой конструкцию размером 150x50x8 нанометров. Примерно такими же размерами обладает красная кровяная клетка человека. Несмотря на такие крошечные размеры, робот обладает встроенным механизмом коррекции ошибок, который позволяет ему работать со 100%-ной точностью. До сих пор точность молекулярных манипуляций составляла 60-80%. Исследователи говорят, что благодаря молекулярным манипуляциям, робот в будущем сможет буквально вручную собирать органические соединения, такие как ДНК человека, или неорганические, такие как транзисторы. Кроме того, робота можно использовать в медицине для удаления злокачественных новообразований или адресной доставки лекарств.

2.6. Нанoeлектроника и молекулярные компьютеры

На смену нынешней микроэлектронике придет нанoeлектроника. По прогнозам через 20-25 лет вместо нынешних полупроводниковых кремниевых компьютеров будут работать молекулярные компьютеры. А через следующие 10-20 лет прогнозируют приход нового поколения компьютеров — квантовых и ДНК-компьютеров.

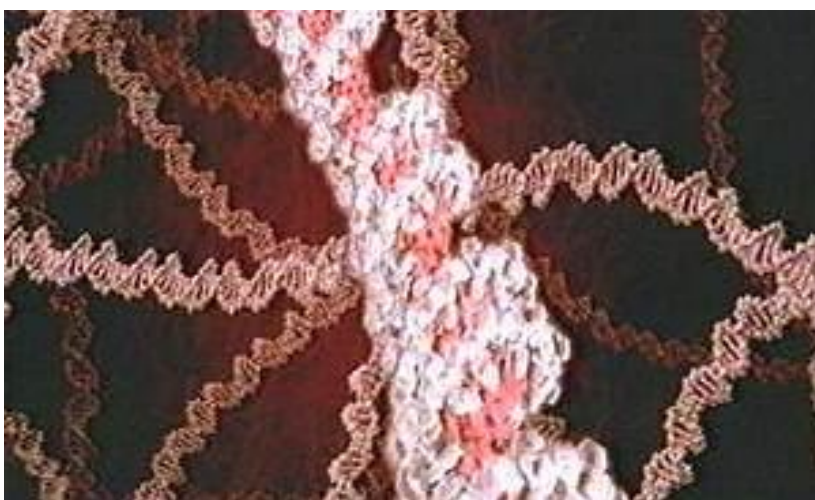
В молекулярных компьютерах вместо кремниевых чипов будут работать супермолекулы и супрамолекулярные ансамбли. Их получение и свойства изучаются органической и супрамолекулярной химией. Многие такие объекты можно с достаточным основанием назвать «интеллектуальными молекулами». Они могут существовать в двух состояниях, одно из которых обладает электрической проводимостью (в частности, здесь могут быть использованы ротаксаны). Перевод из одного состояния в другое можно осуществить под воздействием тепла, света, химических агентов, электрического и магнитного полей. Такие молекулярные переключатели — это, в сущности, будущие транзисторы молекулярных компьютеров. Их размеры будут на два порядка меньше самых маленьких нынешних. Это даст огромное (на десять порядков) повышение производительности. По прогнозам, будущий молекулярный компьютер может оказаться в 100 миллиардов раз эффективнее нынешнего.

В молекулярных компьютерах переключателями могут служить супермолекулы ротаксанов или катенанов, в качестве памяти будут применяться стабилизированные ансамбли наночастиц, а проводниками станут нанотрубки или молекулы полимеров с сопряженными двойными связями (синтетические металлы). Рекомендуем читателю интересный обзор [30] по созданию одномолекулярных выпрямителей и других нанoeлектронных приборов, а также сообщение [31] с описанием нанотрубчатого устройства для электронной памяти.

В патентной заявке [32] описан способ связывания нано-трубки или фуллерена с полимером, желательно проводником тока (например, политиофеном), а также приборы для нанoeлектроники на этой основе. На конференции Международного электрохимического общества в Дюссельдорфе в сентябре 2002 года было сделано интересное сообщение о работе, выполненной в Институте по нанотехнологиям Тель-Авивского университета (Израиль), о химических процессах, применяемых в микро- и нанотехнологиях. В частности, рассмотрены такие новые и весьма перспективные разработки, как создание наноразмерных электрических

контактов путем нанесения металлических покрытий на белки и биоматериалы [33].

Особенно впечатляет так называемый «биологический нанокomпьютер». Эта разработка проведена в Израиле. Израильские ученые разработали компьютер, который бьет все поставленные до сих пор рекорды миниатюризации ЭВМ. В обычную лабораторную пробирку поместится около триллиона таких машин.



ДНК хранит огромные массивы информации

Нанокomпьютер состоит из сочетания молекул ДНК и молекул ферментов, веществ, "анализирующих" ДНК. Элементы компьютера работают в жидком состоянии - они взвешены в веществе, залитом в ту самую пробирку, о которой речь шла несколькими строками выше. Исследователи рассчитывают, что следующим шагом станет создание устройства, способного анализировать живые молекулы ДНК. Оно поможет в поисках патологий и в разработке новых лекарств. Однако это - планы на отдаленное будущее. Пока что нанокomпьютеры будут использовать для того, чтобы облегчить задачу анализа ДНК в лабораторных условиях. Прежде всего, речь идет о расшифровке геномного кода живых существ. Эту процедуру сейчас проделывают с самыми разными лабораторными объектами - от мух-дрозофил и обычных помидоров до человеческих организмов. Как только ДНК будет расшифрована, ученые смогут узнать массу новых подробностей о том, как функционируют природные механизмы хранения и передачи данных.

Интересное исследование выполнено в Университете Клемсона (Южная Каролина, США), в котором показана возможность присоединения белков к углеродным нанотрубкам [34]. Методом атомно-силовой микроскопии установлено, что белки удалось прочно связать с нанотрубками, и при этом до 90 % связанного белка остается биологически активным. Этот принципиально важный результат прямо доказывает реальность создания молекулярных устройств путем интеграции искусственно полученных наночастиц с природными белками.

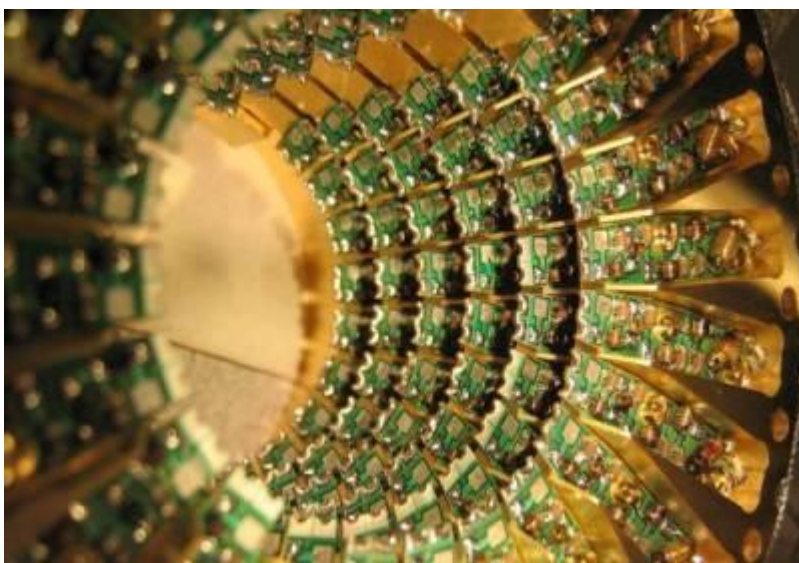
Создание молекулярных компьютеров откроет человечеству невиданные, поистине фантастические возможности. Человек научится вживлять эти сверхминиатюрные устройства в свои ткани и органы. Начнется широкое внедрение в организм датчиков и других приборов. Реальные очертания приобретет создание «искусственного интеллекта». Нынешний человек как биологический вид, конечно, им и останется. И всё же это будет уже другой человек. Будущий *homo sapiens* будет качественно отличаться от нынешнего за счет симбиоза с молекулярной электроникой, с другими продуктами высоких технологий, с Интернетом. Для будущего человека станет доступна вся информация, накопленная предками, её полностью оцифруют. В его распоряжении окажутся неограниченные резервы памяти, мощные технологии вычислений, обработки данных, надежные оценки и прогнозы. Новые технологии можно будет использовать и для коррекции психики, ограничения агрессии, блокирования боли, мобилизации сил и т.д. Не исключено, что, достигнув такого уровня, человек даже захочет и сможет решить проблему своего бессмертия.

Когда же реально появятся первые молекулярные компьютеры? О молекулярных компьютерах разговоры ведутся давно, и эта тема сегодня продолжает волновать ученый мир. Несмотря на то, что перспектива выпуска серийного компьютера на молекулах всё ещё остается весьма отдаленной, определенные подвижки в этой области уже есть. Разработчики, специализирующиеся в данной сфере, предполагают, что молекулярные компьютеры сменят технику на кремниевых элементах уже через 20–25 лет.

Что представляет собой молекулярный компьютер? Это устройство, в котором работу кремниевых чипов выполняют «интеллектуальные» молекулы и молекулярные соединения, обладающие способностью существовать в двух термодинамически устойчивых состояниях, отличающихся определенными химическими и физическими свойствами. Трансформировать молекулу из одного состояния в другое можно при помощи световой, тепловой энергии, химических агентов, электрического и магнитного полей, других генераторов энергии. Переключаемые бистабильные молекулы возможно рассматривать как наноразмерную двухбитовую систему, способную воспроизводить функцию классического

транзистора. Учёные полагают, что дальше последуют спинтроника, компьютеры на квантовых точках или ДНК-машины.

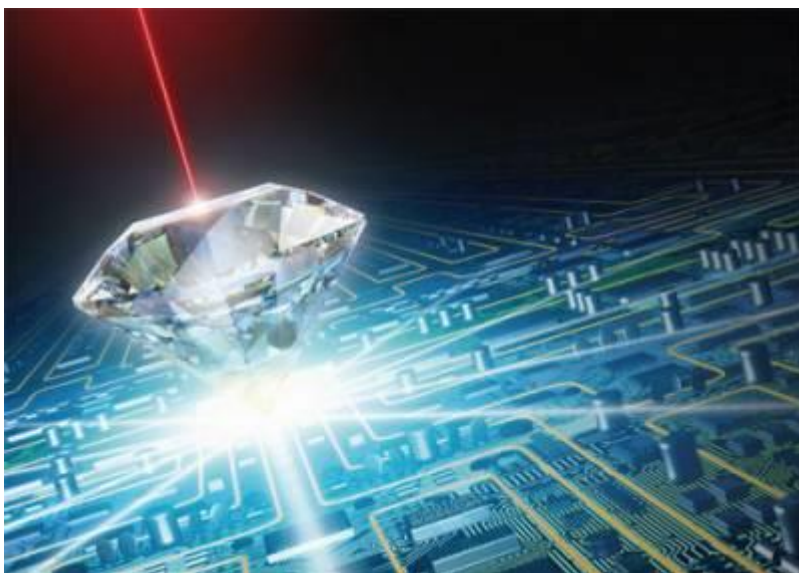
Большой популярностью пользуется идея о постепенном слиянии вычислительных систем и живых организмов. Биотехнологии позволят начать широкое производство имплантатов с компьютерными функциями, мыслящих машин и распространенных в научной фантастике киборгов – полулюдей-полуроботов. Поскольку, по прогнозам ученых, в ближайшее время вычислительная мощность обычных компьютеров может превысить мощность человеческого мозга, усиление возможностей человека при помощи имплантатов может стать вполне актуальным. Конечно, все это – лишь спекуляции, и они мало что значат без конкретных прорывов в науке, исследований, опытных образцов и т.п. Таковые, правда, уже существуют, и могут стать первым шагом в направлении нового технологического скачка. По словам астрофизика Стивена Хокинга, с дальнейшим развитием технологии неизбежно и изменение самих людей: ДНК, образа жизни и самой их природы. Нанокomпьютеры в своем развитии пройдут несколько стадий.



Квантовые компьютеры

Квантовая механика работает с частицами, которые значительно меньше атомов – именно из них и будут состоять элементы квантовых компьютеров. Теория квантов предполагает, что частицы могут иметь сразу несколько различных состояний (за счет того, что все законы срабатывают не постоянно, а с определенной вероятностью). Таким образом, один бит будет хранить не одно значение (0 или 1), а целых три одновременно: 0, 1 и нечто среднее. Если взять хотя бы 4 таких квантовых байта (32 бита), количество возможных комбинаций значений, которые они смогут одновременно содержать, превысит 4 миллиарда. Впрочем, пока что ученым не удалось создать достаточно устойчивую квантовую структуру. На данный момент

существует лишь несколько отдельных запоминающих и логических элементов такой структуры. В будущем предполагается создать цепи из ячеек, представляющих собой специальные атомы или молекулы, предназначенные для «сбора» электронов. Такие цепи могут работать как проводники сигналов: электроны попадают в молекулу, и выталкивают другие электроны, которые уже там находились, к следующей молекуле – так и передается сигнал. Такой памяти даже не нужна электроэнергия для работы! Однако чтобы создать подобную систему, все еще нужно решить проблему объединения элементов в устойчивую структуру, а затем необходимо обеспечить стабильное взаимодействие между ними. Наконец, финальным этапом станет налаживание массового производства квантовых компьютеров. По прогнозам некоторых ученых, это может произойти в ближайшее десятилетие.

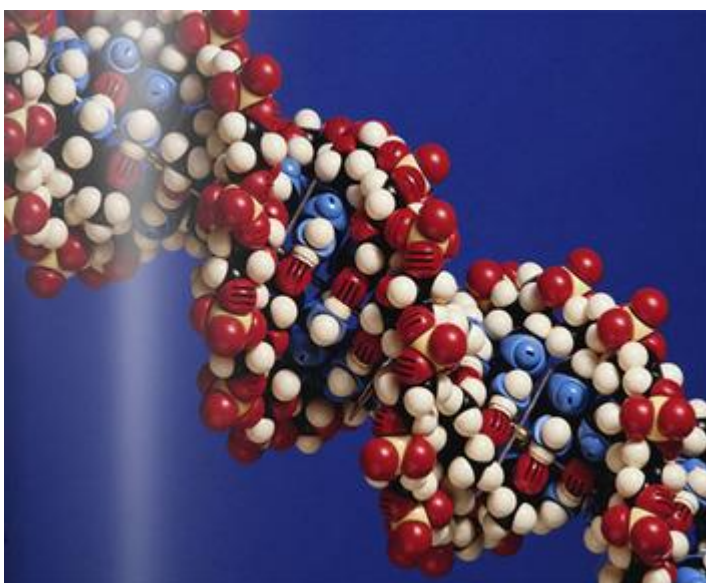


Оптические компьютеры

Следующий этап – «оптические» компьютеры. Это логическое продолжение оптических систем связи. В настоящее время оптоволокну применяется все чаще и чаще, и, похоже, скоро будет использоваться везде. Чтобы оптический сигнал, полученный по проводам, не приходилось постоянно преобразовывать в электрический и наоборот, ученые начали разработки компьютеров, основанных на фотонных технологиях. До каких-либо практических результатов на этом фронте еще далеко, но некоторые наработки уже существуют. Так, канадские специалисты создали жидкие кристаллы, способные управлять потоками фотонов в кристалле на базе кремния. По их мнению, разработка на этой основе электронных реле, проводников и микросхем вполне реальна. Тем не менее, все это пока в

будущем. Сегодня оптика, как уже говорилось, в основном используется в системах связи и медленно, но верно заменяет электрические провода.

На следующем этапе – «биокомпьютеры». Данная технология проводит параллели, называющие живую клетку биологической машиной, а человеческий мозг - биокомпьютером. На этом и основываются разработки, которых, правда, пока довольно мало. В качестве примера можно привести подключенные к электрическим проводам живые нейроны: ничего более выдающегося биотехнологии пока не в состоянии представить.



Биокомпьютеры

Ученые Вейцмановского института естественных наук сконструировали модель биологического компьютера из пластмассы. Высота модели составила 30 см. По словам исследователей, настоящий биокомпьютер такой структуры не превышал бы размерами 0,000025 мм – такова величина одного из компонентов живой клетки. Упомянутый выше опыт с нейронами, подсоединенными к проводам, позволил выявить следующую особенность: под воздействием электрических сигналов нейроны способны перестраиваться и образовывать новые взаимосвязи. Это позволяет предположить, что биокомпьютеры будут способны не только считать по заранее заданным программам, но и меняться в зависимости от внешних воздействий, то есть – учиться. Этот принцип планируется использовать при создании мозга роботов.

Наконец - молекулярные компьютеры. Последние опыты ученых из

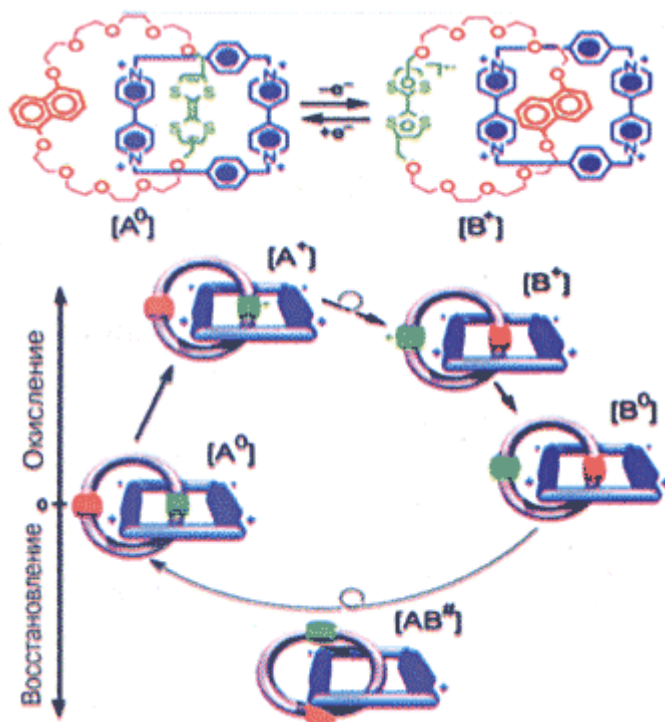


Схема молекулярного переключателя

Калифорнии в сфере молекулярных компьютерных технологий показывают: заставить молекулу переходить из одного состояния в другое – возможно. Фактически ученые создали бит памяти, представляющий собой молекулу ротаксана – вещества, специально разработанного для конструирования на ее основе запоминающих устройств и наномашин. Следующий этап разработок – создание логических элементов И, НЕ и ИЛИ. Если это удастся, молекулярный компьютер вполне оправдает свое название, так как будет представлять собой три слоя молекул: слой проводников, слой ротаксана и еще один слой проводников – противоположно направленных. Сама структура элементов (ячеек памяти и логических реле) формируется электронным способом. Ученые прогнозируют, что такой компьютер будет экономичнее современных в 100 миллиардов раз, так как он гораздо меньше по размерам. Сверхмощный процессор размером с пылинку можно будет поместить куда угодно. Если же научиться строить не только плоские, но и трехмерные вычислительные схемы, их возможности увеличатся еще больше. В ближайшие десятилетия возможно не только появление подобных микроскопических компьютеров, но и запуск их в серийное производство, что автоматически означает быстрый рост сферы их применения.



Прогноз Билла Гейтса

Прогнозируемые изменения в технологиях вычислительных систем можно сравнить с физическим термином «квантовый скачок», который означает, что в квантовой механике нет эволюций – только революции. То же можно ожидать и от компьютерных технологий в первой половине XXI века. Современные ЭВМ уменьшатся в размерах, станут дешевле в производстве, а эффективность их, наоборот, увеличится. Поскольку область применения компьютеров от этого только расширится, в скором будущем, мы, возможно, увидим «умные» бутылки пива, умеющие измерять собственную температуру и автоматически регистрироваться в базе данных не менее «умного» холодильника. Интернет еще глубже проникнет в жизнь каждого человека и будет постоянно снабжать его необходимой информацией. Уже сегодня беспроводные технологии позволяют сравнительно недорого и эффективно пользоваться интернетом с помощью мобильного телефона. За счет увеличения емкости информационных носителей количество данных в Сети будет расти в геометрической прогрессии: таким образом, можно будет, например, записать на флэшку полную цифровую копию человека и отправить ее кому-нибудь на почту. Все это будет способствовать постепенному слиянию реального и виртуального миров. Прогресс биоразработок приведет к тому, что на рынке появятся электронные устройства, способные подключаться непосредственно к центральной

нервной системе человека. Также станут распространены наноустройства – микроскопические механизмы и компьютеры. Электроника сможет заменять поврежденные или старые органы, ткани и клетки, что не только будет способствовать продлению человеческой жизни, но и позволит лучше понять и даже контролировать сами феномены жизни, сознания и т.п. Сейчас все вышеперечисленное кажется цитатами из научно-фантастических произведений. Однако технология постоянно движется вперед, и человеку рано или поздно придется приспосабливаться к ней, как и к другим изменениям окружающего мира. Что прогресс означает для людей как биологического вида? Поживем – увидим.

2.7. Нанотехнологии в машиностроении

Машиностроение является, в основном, потребителем объемных наноструктурированных материалов (стали, титан и его сплавы, алюминиевые сплавы, керамика, пластмассы и композиционные материалы), материалов с памятью, порошковых материалов и комплектующих нанопроизведений (гидро и электрооборудование, нанопродукция приборостроения и др.). Существенный эффект ожидается от внедрения технологических процессов нанесения износостойких покрытий на режущие инструменты, штампы и прессформы, а также износостойких, коррозионно-жаростойких и водоотталкивающих покрытий деталей машин. Важное значение имеет наноструктурированная продукция триботехнического направления и оборудование для обработки деталей с нанометровой точностью и для нанесения нанопокровов. При этом улучшение соответствующих качественных показателей (прочность, твердость, пластичность, износостойкость, жаростойкость, коррозионная стойкость и т.д.) может быть достигнуто как посредством введения того или иного технологического процесса (литье, прессование, нанесение покрытий и т.д.) получения нанопорошков, нанотрубок, фуллеренов, так и за счет соответствующих технологических режимов изготовления заготовок и изделий (равноугольное прессование, термомеханическая обработка и др.). Сами по себе наноматериалы в чистом виде, например, углеродные трубки, для машиностроения не нужны: серьезные положительные изменения в экономику в том числе и в машиностроение, внесут макроматериалы из нанотрубок или содержащие нанотрубки.

Появится большое количество потребительских нанопроductов, в которых тем или иным образом используются нанотехнологии, конструкционные композитные материалы на базе высокопрочных волокон (углеродных нанотрубок) для промышленного применения, например, в

авиастроении, автомобильной и военной технике. Увеличится применение нанопорошков и нанопокровов, в том числе в машиностроении, применение нанотехнологий для производства абразивных материалов, буровых и металлообрабатывающих инструментов. Отечественный уровень нанотехнологических разработок в этих областях соответствует мировому, а порой и превосходит его. Исследования по данной проблеме проводятся в рамках академических институтов, частично вузов, входят отдельными разделами в отраслевые программы, но, как правило, не заканчиваются практическим внедрением результатов. Сотни российских специалистов работают в инофирмах.

В последнее время в России наметились определенные успехи в практической реализации научных исследований. Так, наноструктурированная продукция инструментального и триботехнического назначения уже сейчас не уступает лучшим зарубежным аналогам. Созданы промышленные образцы новой импортозамещающей продукции и инновационных проектов в области объемного наноструктурирования традиционных металлов, обеспечивающих повышение долговечности. Это стальные и керамические изделия конструкционного, инструментального и триботехнического назначения, нержавеющие оболочки для малых космических аппаратов и ветроэнергетики, фитинги нового поколения; изделия для авиакосмического, энергетического и транспортного машиностроения, строительных, добывающих и перерабатывающих отраслей. Объем требуемых инвестиций на завершение ОКР и организацию промышленного производства по всей номенклатуре оценивается в 34 млн. долл. По расчетам авторов разработок при импортозамещении всего 1% рынка инвестиции окупятся за 1,5 года.

Заметный прогресс достигнут в области производства ультрадисперсных нанопорошков. Расширяются и области их применения. Так, выпускаемые концерном «Наноиндустрия» наноразмерные порошки на основе серпентинитов нашли массовое применение в узлах трения практически всех видов оборудования. Речь идет о технологии восстановления изношенных узлов и механизмов промышленного оборудования до первоначальных параметров с помощью специальных ремонтновосстановительных составов (РВС). Стоимость ремонта по РВС технологии в 2–3 раза ниже, чем при использовании обычных технологий, что позволяет заменить плановые ремонты плановопредупредительной обработкой с увеличением межремонтного срока в 1,52 раза. Экономия электроэнергии и топлива после РВС составляет 1015%. Эта технология уже используется на ряде крупных предприятий: в ГУП «Мосводоканал», на Московской железной дороге, во ФГУП ММП «Салют», ОАО «Аэроприбор», ОАО «Карачаровский механический завод», на Московском метрополитене, в грузовом аэропорту Шереметьево. Ее успешные испытания прошли в странах Европы. Значительный эффект обеспечивается не только при получении наноструктур

объемных материалов на металлической или керамической основе, но и в результате образования в поверхностных слоях изделия нанофазных комплексов, например, путем имплантирования ионов Cr, Ti, C в поверхности контактирующих деталей. Наноструктуризация поверхностей деталей подшипников повышает их долговечность в 2-3 раза (с 150-200 до 500-600 млн. циклов), долговечность инструмента возрастает в 5-6 раз.

Порошки медных сплавов в течение длительного времени используются для производства противоизносных препаратов марки РиМЕТ. Реметаллизанты серии РиМЕТ – это препараты, включающие наночастицы, особо активные в зонах трения и покрытые специальной оболочкой. Частицы свободно циркулируют в масле, не взаимодействуя с ним, а используя его как средство доставки в зоны трения. Здесь под действием высокой температуры и давления частицы активируются и начинают создавать на поверхности пар трения новый слой. Этот слой образуется при взаимодействии частиц препарата и продуктов износа металлической поверхности и принимает на себя всю нагрузку с поверхности пар трения. При этом наблюдаются следующие процессы: нормализация структуры кристаллической решетки, снятие поверхностной усталости, заполнение задиров.

В настоящее время на передовых предприятиях машиностроительного комплекса реализуются восемь основных технологий на наноуровне, шесть из которых непосредственно для машиностроения:

- электроэрозионная наноразмерная обработка профилированным и непрофилированным инструментом на электроискровых станках с программным управлением;
- электрохимическая отделочная и размерная обработка рабочих поверхностей нагруженных деталей для регулирования микро-топографии поверхности на наноуровне;
- ионноплазменное упрочнение инструмента, штампов, деталей машин с нанесением алмазоподобного покрытия толщиной до 2 мкм (без изменения шероховатости поверхности, при нагреве изделия менее 100°C), обеспечивающее повышение работоспособности изделий на порядок;
- модификация поверхности за счет скоростных химико-термических взаимодействий плазменных струй с поверхностью металла с целью повышения износо- и коррозионной стойкости и твердости низкоуглеродистых легированных сталей;
- закалка поверхности на глубину до 1,5-2 мм (с оплавлением или без оплавления) с возможностью регулирования параметров поверхностного слоя;
- ионноплазменное осаждение: благодаря тому, что в его основу заложен универсальный принцип ионного испарения, установка позволяет получать тонкопленочные покрытия из широкого спектра материалов:

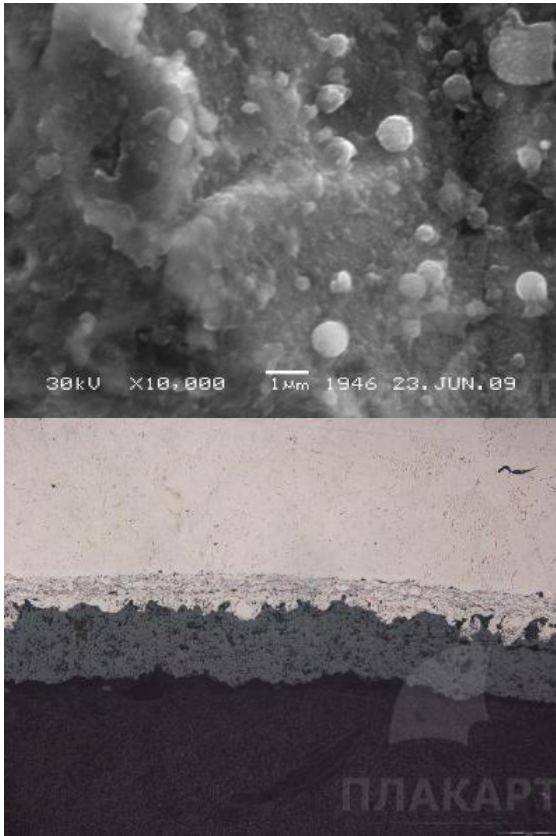
практически любого состава с заданной структурой – нанокристаллической, аморфной, кристаллической, композитной.

Из более 80 проектов, включенных в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития нанотехнологического комплекса России на 2007-2012 годы» 8 были посвящены их практическому использованию в машиностроении. 7 проектов, внедрение которых планируется осуществить в машиностроении (из 37 для всех отраслей), были одобрены к финансированию ГК «Роснано», в том числе:

- создание серийного применения очищенного модифицированного монтморрилонита и полимерного нанокомпозита на его основе;
- создание промышленного производства оборудования для синтеза многофункциональных нанокерамических покрытий;
- создание массового производства сверхвысокопрочных пружин;
- создание производства износостойких изделий из наноструктурных керамических и металлокерамических материалов;
- создание производства монолитного твердосплавного металлорежущего инструмента с наноструктурированным покрытием;
- производство режущего инструмента из сверхтвердого материала;
- серийное производство электрохимических станков для прецизионного изготовления деталей из наноструктурированных материалов и нанометрического структурирования поверхности.

Применение объемных наноматериалов на металлической основе делает возможным инновационное перевооружение промышленности: авиакосмического, энергетического и транспортного машиностроения, станкоинструментальной, горнодобывающей, медицинской промышленности и ТЭК. Ресурс изделий различного назначения, изготовленных по новой технологии, может увеличиться от 200 до 500%. Кроме того, непосредственно в машиностроении уже используются технологии и оборудование для изготовления деталей машин с нанометровой точностью и в этом направлении продолжаются дальнейшие исследования: электроискровая и электрохимическая обработка, фрезерование, шлифование, полирование, доводка и др.

Одним из наиболее перспективных направлений применительно к машиностроению является напыление наноматериалов на изделия с получением наноструктурированных покрытий. Наноструктурированные покрытия — следующий шаг в развитии функциональных покрытий, наносимых методами газотермического напыления.



Наноструктурированные покрытия

Основная проблема нанесения покрытий с применением нанопорошков, прутков с нанонаполнителями и т.п., заключается в том, что в течение процесса напыления агломераты наночастиц частично или полностью теряют свою наноструктуру. Большинство зарубежных вариантов нанесения наноструктурированных покрытий основывается на использовании плазменного напыления суспензии, так как энергии плазмы достаточно для испарения растворителя. Однако проблема потери наноструктуры получаемых покрытий остается. Сотрудниками ООО «Технологические системы защитных покрытий» разработаны и используются установка и технология нанесения наноструктурированных покрытий с использованием коммерчески доступного оборудования для высокоскоростного газотермического напыления ТСЗП-HVOF-C2 исходных материалов в виде растворов или суспензий, содержащих наноразмерные частицы. Технология заключается в высокоскоростном газопламенном напылении материала, подаваемого в камеру сгорания вместе с топливом в виде суспензии или раствора.

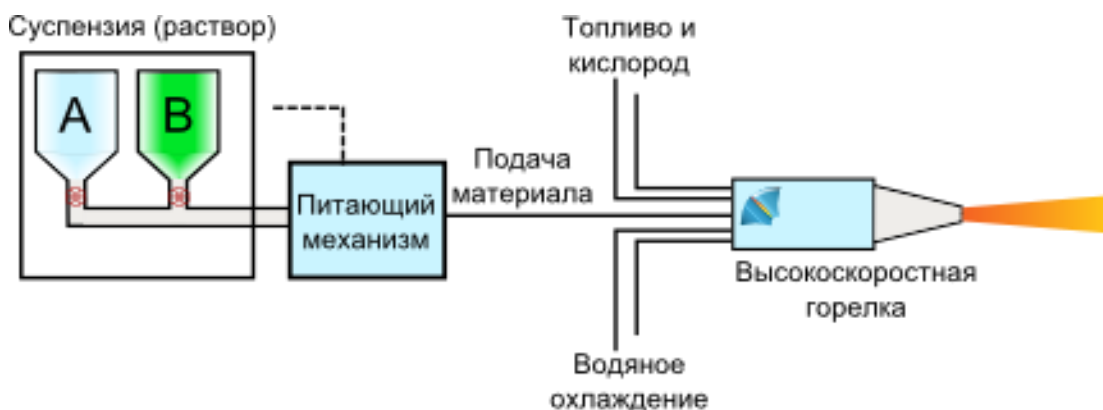


Схема подачи раствора или суспензии в горелку

В основе высокоскоростного газопламенного метода напыления лежит принцип придания мелкодисперсным частицам напыляемого материала, введенным в газовую струю, максимально возможной кинетической энергии. Применение технологии высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF) позволяет не доводить наночастицы или их агломераты до расплавления или сплавления, как это происходит во многих других методах газотермического напыления. Технология высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF) наноструктурированных покрытий, разработанная сотрудниками ООО «Технологические системы защитных покрытий», за счет большой кинетической энергии частиц позволяет получать покрытия с заданными ценными характеристиками.

Широкие перспективы открывает применение нанотехнологий в авиастроении. Большое значение для разработки и изготовления материалов



для самолетов, ракет, космических станций и исследовательских спутников приобретает *аэрокосмическое наноструктурирование*. Здесь нужны материалы, отличающиеся малой массой и высокой прочностью, термической устойчивостью и другими ценными свойствами. Здесь потребуются устойчивые к космической радиации компьютерные системы с малым энергопотреблением и высокими эксплуатационными характеристиками, наномасштабное приборное обеспечение для космических станций и перспективных спутников малых размеров, авионика (авиационная электроника) нового поколения на основе наноструктурных датчиков и наноэлектроники, теплозащитные, жаропрочные и износостойкие наноструктурированные покрытия.

Очень важна проблема защиты от обледенения и повышение долговечности летательных аппаратов. Серьезную опасность для самолетов создает обледенение крыльев в полете на больших высотах и при низких температурах. Результаты могут оказаться катастрофическими, так как в результате обледенения возможен даже отрыв крыльев. В настоящее время проблема решается применением антифризов. При решении проблемы перспективно использование нанотехнологии. В частности, разрабатываются специальные чешуйчатые покрытия, отслаивающиеся вместе с льдом и другими вредными налипаниями.



Нанопокрывтие в виде ленты

Что касается долговечности, то ставится задача довести возможность совершать до 70-90 тысяч полетов, что требует повышения прочностных характеристик, которые обеспечивают новые наноматериалы. Живучесть и снижение веса обеспечивают в настоящее время композиты. К ним должны присоединиться наноматериалы. Ставка делается на наномодифицированные полимеры и полимерные композиты с повышенными усталостными характеристиками, а также на увеличение в несколько раз энергетической эффективности солнечных батарей и развитие альтернативных энергетических систем.

Важнейшая задача современного самолетостроения - облегчение конструкции летательного аппарата. Замена от 50 до 30 млн. заклепок, используемых сегодня при изготовлении корпуса большого пассажирского самолета, на сварные швы позволила бы значительно облегчить его, удешевить производство и существенно улучшить эксплуатационные характеристики. Такая замена возможна только при выполнении условия равенства прочности сварного шва и прочности свариваемого материала. Конструкция самолета должна иметь все детали с одинаковой прочностью. Однако современные методы сварки авиационных материалов (алюминиевых и титановых сплавов) не позволяют в полной мере выполнять это требование. Для этой цели ученые Института теоретической и прикладной механики СО РАН (ИТПМ СО РАН) разработали лазерную сварку с применением наночастиц, позволяющую существенно улучшить прочностные свойства сварного шва. Основная идея новой технологии - управление процессом кристаллизации при сварке с помощью наночастиц тугоплавкого соединения (например, карбида титана), которые вводят в сварной шов. Тем самым повышаются механические свойства (прочность и пластичность) металла шва, возрастает в несколько раз относительное удлинение, увеличиваются предел прочности и предел текучести.

Велика роль нанотехнологий и в совершенствовании автомобилестроения. Начиная, казалось бы, не с самого главного – с краски. На самом деле это имеет большое значение. Автором одной из первых заметных инициатив в этой области стала компания Daimler-Crysler, которая начиная с 2003 года при окрашивании кузовов автомобилей марки Mercedes-Benz серий E, S, CL, SL и SLK использует прозрачный лак. Покрытие включает наноразмерные (ок. 20 нм) керамические частицы, в связи с чем была изменена и молекулярная структура самого связующего состава. На практике это позволило значительно улучшить износостойчивость, а вместе с тем и декоративные свойства лакокрасочного покрытия перечисленных выше моделей. Продолжая тему об инновационных видах автомобильных лакокрасочных покрытиях, хочется упомянуть о работах, что ведутся в этом

направлении компанией Du-Pont. Согласно опубликованной информации, компанией ведется разработка принципиально нового лакокрасочного материала с активным привлечением последних достижений в нанотехнологии. По сообщениям разработчика, новые материалы будут экологически чистыми, обладать повышенной износоустойчивостью и, что самое примечательное, высыхание слоя такой краски при воздействии на него УФ-излучения не будет превышать десяти секунд. Правда, для работы с такой лакокрасящей системой предварительно необходимо вооружиться и новым оборудованием. Среди намеченных планов компаниями, занимающимися разработкой и производством лакокрасочных покрытий, создание в скором будущем защитных лакокрасочных покрытий, способных произвольно менять свой цвет (в зависимости от подаваемого на них напряжения), а также при необходимости даже блокировать проникновение радиосигналов заданных частот в салон автомобиля.

Нанотехнологии позволяют эффективно решать проблему коррозии в автомобилестроении. Накопленный опыт в области наноразмерных частиц позволил немецким ученым из Института новых материалов в Саарбрюккене заявить о возможности создания в скором времени ингибиторов коррозии нового поколения. Руководитель института профессор химии Хельмут Шмидт обрисовал принцип действия новых ингибиторов следующим образом: «...к стандартному покрытию автомобиля мы подмешиваем наночастицы, выполняющие функцию ингибиторов коррозии, причем придаем им такие свойства, чтобы они в случае необходимости обеспечивали быструю диффузию соответствующих компонентов покрытия в зону повреждения и как бы затягивали рану». То, что такие ингибиторы коррозии обладают способностью свободно перемещаться внутри твердого лакокрасочного покрытия, профессором Шмидтом было доказано уже десять лет назад. Тогда ему удалось обнаружить, что наночастицы на металлической, стеклянной или керамической поверхностях ведут себя как ионы в свободном растворе. Говоря иными словами, они стремятся обеспечить и поддерживать во всем объеме равновесие, а любой перепад концентрации, вызванный, к примеру, царапиной на лакокрасочном покрытии, должен тотчас выправить дефект за счет диффузии.

Сердце автомобиля – его двигатель. Разработка новых наноматериалов несет в себе значительный потенциал для конструирования новых автомобильных двигателей. Растущие год от года требования к показателям экономичности двигателей и снижению токсичности выхлопа заставляют автомобильных конструкторов вести активный поиск альтернативных чугуна и стали материалов. В качестве одного из наиболее перспективных, способных стать основой для создания новых моделей двигателя материалов, рассматривается модифицированный нанокompозитными материалами пластик. Теоретически использование таких полимеров позволит значительно упростить сам процесс изготовления различных деталей

двигателя, параллельно улучшится и их точность. Показатели жесткости и прочности модифицированного пластика близки к тем, что демонстрируют металлы, но при этом пластик гораздо легче, а его использование в конструкции автомобильного двигателя позволит значительно улучшить коррозионную устойчивость деталей, снизить уровень шумов двигателя, уменьшить технологические допуски. Существенно продлить срок службы деталей, работающих в условиях экстремально высоких температур, таких, как свечи зажигания/накала, топливные форсунки и другие элементы камеры сгорания, может использование в них *нанокристаллических компонентов*.

Стекла автомобилей также можно усовершенствовать с помощью нанотехнологий. Проводятся испытания электрохромной системы, с целью ее использования в качестве покрытия для боковых и салонных зеркал. В процессе химической обработки ионы лития перемещаются, и атомы образуют ультратонкий слой, который меняет светопропускную способность стекла, создавая эффект затемненности. С использованием диоксида титана (TiO₂) разработана технология *самоочищающихся поверхностей*. При попадании ультрафиолетового излучения на нанопокрывтие из TiO₂ происходит фотокаталитическая реакция, в результате которой содержащиеся в воздухе молекулы воды превращаются в сильные окислители - радикалы гидроокиси (НО), которые окисляют и расщепляют грязь. Успешно продвигаются работы с учетом возможностей новой технологии по разработке солнечных батарей. Уже запущен в мелкосерийное производство вариант автомобильной крыши, покрытой слоем кремниевых фотоэлементов мощностью 30 Вт.

Нанотехнологии полезны и в автокосметике. Благодаря использованию нанотехнологий производителям автомобильной косметики удалось создать качественно новые составы шампуней и полиролей. Так, включение наноразмерных частиц в состав полиролей позволило значительно улучшить защитные свойства последних. Во-первых, наноразмерные частицы в состоянии лучше заполняют различные структурные повреждения лакокрасочного слоя. Во-вторых, на его поверхности они образуют гораздо более плотный и износостойкий защитный слой по сравнению с традиционными составами, благодаря плотной сетке поперечно-межмолекулярных связей наночастиц.

Не обошли нанотехнологии и проблему трения. Одной из наиболее динамично развивающихся областей нанотехнологий в секторе автомобилестроения является разработка и производство высокоэффективных антифрикционных, противоизносных и охлаждающих составов. Опытным путем было установлено, что применение данных составов приводит к сокращению расхода топлива на 2-7%, износу деталей в 1,5-2,5 раза, увеличению мощности двигателя на 2-4%. Добавление

наночастиц в автомобильные шины увеличивает их гибкость и уменьшает износ.

Нельзя не упомянуть и перспективы развития и совершенствования электронных компонентов автомобиля с использованием современных возможностей нанотехнологии. Не приходится сомневаться в том, что со временем все без исключения детали автомобиля будут нести на себе отпечаток нанотехнологического вмешательства.

Развитие нанотехнологий в области машиностроения является одним из главных направлений деятельности РОСНАНО. 26 апреля 2007 года в послании Федеральному собранию президент России Владимир Путин обозначил нанотехнологии в качестве одного из наиболее приоритетных направлений развития науки и техники и предложил учредить Российскую корпорацию нанотехнологий. Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» была учреждена в июле 2007 года специальным Федеральным законом от 19 июля 2007 года № 139-ФЗ. В 2007 году правительство Российской Федерации внесло имущественный взнос в размере 130 млрд рублей для обеспечения деятельности корпорации. Официально зарегистрирована 19 сентября 2007 года. Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2010 года № 2287-р Российская корпорация нанотехнологий первой из государственных корпораций завершила реорганизацию и с 11 марта 2011 года перерегистрирована в открытое акционерное общество ОАО «Роснано». Руководителем РОСНАНО является Анатолий Борисович Чубайс.

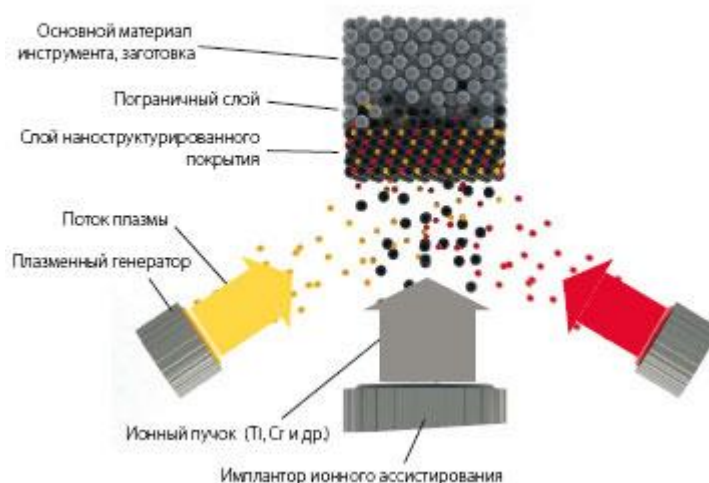
Перечислим некоторые из проектов РОСНАНО в сфере машиностроения и металлообработки. Прежде всего, рекомендуем посмотреть видеофильм.

<http://video.yandex.ru/#search?text=%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE&where=all&id=21912424-08-12>

Одна из наиболее перспективных разработок – создание металлорежущего инструмента с наноструктурированным покрытием. Разработка предназначена для применения в авиадвигателестроении, самолето- и ракетостроении, энергетическом и транспортном машиностроении, судостроении. Разместить производство намечено в городе Рыбинске Ярославской области. Ключевая технология проекта — нанесение наноструктурированных покрытий на металлорежущий инструмент — разработана учеными РНЦ «Курчатовский институт». Такое покрытие увеличивает износостойкость инструмента в 2 — 2,5 раза, благодаря чему затраты предприятий на его приобретение снижаются. Технология нанесения наноструктурированных покрытий основывается на методе вакуумного осаждения из плазмы, получаемой в результате испарения материала

из металлических или металлокерамических катодов с глубоким легированием слоев формируемого покрытия ассистирующим пучком ионов. Такое техническое решение повышает износостойкость инструмента, что позволяет производить обработку металлов на более высоких скоростях и увеличивает срок службы инструмента. Стоит отметить, что улучшение технических характеристик (твердость, вязкость) инструмента с нанопокрытиями приводит к существенному увеличению производительности труда и снижению себестоимости изготавливаемой при помощи данного инструмента продукции. По сравнению с инструментом без покрытия происходит увеличение объема снимаемого металла в 2—2,5 раза, стойкость между переточками и скорость резания возрастает в 1,5—2 раза.

Схема вакуумного нанесения наноструктурированного покрытия несколькими источниками плазмы с ассистированием пучком высокоэнергетических ионов металлов (технология IBAD — Ion-Beam Assisted Deposition)



Другой проект – создание производства прецизионных, экологически чистых электрохимических станков нового поколения. Сфера применения разработки – авиадвигателестроение, энергетика, автомобилестроение, электронная и медицинская промышленность, инструментальное производство. Конкурентными преимуществами проекта являются низкие эксплуатационные расходы (высокая производительность, отсутствие износа инструмента), а также высокая точность копирования и нанометрическая точность поверхностей. Разместить производство намечено в Уфе (Республика Башкортостан). Электрохимические станки, выпускаемые в рамках проекта, будут предназначены для прецизионной нанометрической обработки практически всего спектра металлов, включая твердые сплавы и наноструктурированные металлы. Технология, используемая в станках, сопоставима, а по таким параметрам, как производительность и стоимость эксплуатации, превосходит технологии ведущих мировых производителей. Кроме того, благодаря разработанному в России программному обеспечению

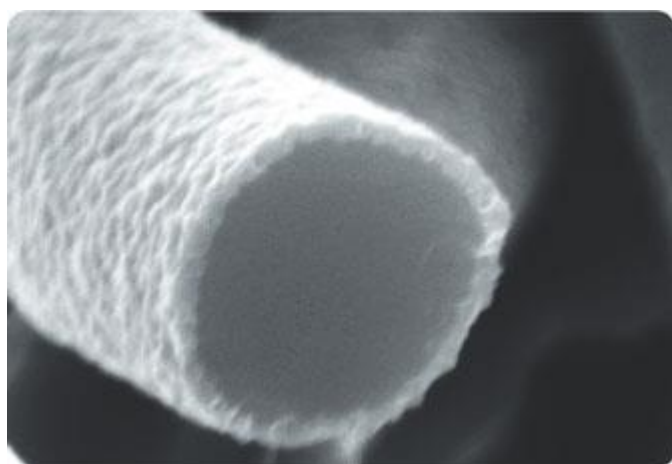
значительно расширяются возможности обработки поверхностей. Данные станки могут быть использованы как в производстве имплантатов и хирургических инструментов, так и для изготовления сложных деталей из высокопрочных материалов, применяемых в авиадвигателях или энергетических турбинах.



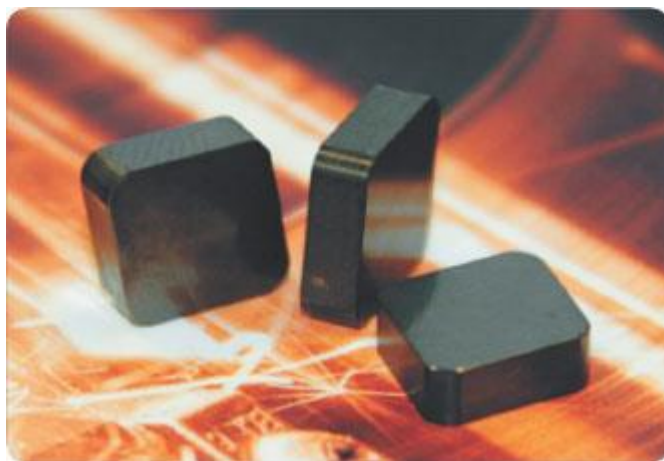
В настоящее время в России практически отсутствует производство станков подобного класса (менее 0,1% объема мирового рынка прецизионного станкостроения в 2008 г.). Реализация проекта позволит использовать передовые разработки отечественной школы электрохимии и внедрить современные технологии обработки поверхностей в высокотехнологичных отраслях промышленности: микроэлектронике, точном приборостроении, аэрокосмической технике, энергетике, медицине, автомобилестроении и других отраслях.

Следующий проект – создание износостойких изделий из наноструктурированной керамики и металлокерамики. К ним относятся изделия и узлы с уникальными свойствами: высокой прочностью, износостойкостью, устойчивостью к коррозии, теплостойкостью. Это – подшипники скольжения и кольца торцовых уплотнений, осевой инструмент, сменные многогранные пластины. Сферы применения: нефтедобывающая, химическая, атомная, кабельная, горнодобывающая и целлюлозно-бумажная отрасли. Социальный эффект – создание более 200 рабочих мест.

В рамках проекта будет создан полный производственный цикл по выпуску из наноструктурных керамик и металлокерамик различных триботехнических изделий (узлов, подверженных трению и износу), работающих в сложных условиях эксплуатации, в том числе для насосной техники. Данные материалы по сравнению с металлами и полимерами имеют целый ряд важных преимуществ, например: повышенную износостойкость, расширенный диапазон рабочих температур, химическую инертность. Использование наноструктурных материалов в этом случае позволяет повысить ресурс и надежность промышленного насосного оборудования на 20 — 30%. Кроме того, будет освоен выпуск керамического и металлокерамического режущего инструмента для обработки металлов и композиционных материалов, характеризующихся высокой твердостью, прочностью и термостойкостью. Его применение для соответствующих материалов позволит увеличить производительность обрабатываемого оборудования, повысить точность и неизменность геометрических параметров при обработке деталей.



Очень интересен проект РОСНАНО по созданию режущего инструмента из нанопорошка кубического нитрида бора. Проект предназначен для использования в металлообработке. Он обеспечит повышение износостойкости и стойкости к абразивным материалам, а также многократное увеличение производительности инструментов. В рамках проекта создан полный производственный цикл — от синтеза нанопорошка кубического нитрида бора до изготовления из него режущего инструмента. Повышенные физические характеристики инструмента из нанопорошка кубического нитрида бора (микротвердость, износо- и термостойкость) приводят к существенно более высокой производительности инструмента. При этом затраты на обработку деталей инструментом могут снижаться до 60%.



Трудно переоценить важность и проекта по созданию новых отечественных технологий обработки металлов. В рамках проекта в России создается промышленное производство оборудования для синтеза многофункциональных нанокерамических покрытий на алюминиевых и магниевых поверхностях. Они защищают металлы от коррозии, что особенно важно в автомобиле- и машиностроении. Покрытие наносится методом микродугового оксидирования, который разработали специалисты из Российского государственного технологического университета имени К.Э. Циолковского (МАТИ). Этот метод позволяет формировать наноструктурированные керамикоподобные слои на поверхности алюминия, магния, титана, циркония и других металлов. Процесс происходит в электролите под воздействием электрического тока. В зависимости от условий обработки можно получать модифицированные поверхности различного назначения: износостойкие, коррозионно-защитные, электроизоляционные, теплостойкие и другие либо их сочетания.

Ещё один интересный проект – разработка новой технологии производства сверхвысокопрочных пружин. Он реализуется совместно ОАО «РОСНАНО» и ООО «НПЦ «Пружина». Новая технология предназначена для применения на железнодорожном транспорте, в автомобилестроении, в производстве спецтехники. Конкурентным преимуществом проекта является многократное повышение долговечности и релаксационной стойкости пружин без удорожания исходного сырья. Производство намечено разместить в городе Ижевске (Удмуртия). Социальный эффект – создание 200 новых рабочих мест. В основе новой технологии производства сверхвысокопрочных пружин лежит операция горячей навивки пружины при оптимальном сочетании температуры нагрева, степени деформации при навивке, схемы и режима охлаждения-закалки последовательно каждого витка навиваемой пружины. В результате этих операций формируются наноразмерные субструктуры, обеспечивающие высокие прочностные характеристики изделий.

Сверхпрочные пружины: технология производства

Горячая навивка (используется при создании пружин для ж/д подвижного состава, с/х техники и пр.)



Применение данной технологии открывает возможность производства пружин с увеличенным в несколько раз сроком службы, повышенным уровнем допустимых напряжений не менее чем в 2 раза, исключением их осадки и соударения витков, а также повышенной работоспособностью в условиях низких температур. Только на железнодорожном транспорте применение новых пружин позволит значительно сократить затраты на ремонт и эксплуатацию подвижного состава и повысить объемы грузоперевозок за счет увеличения нагрузки на вагонную ось. По оценкам, эффект от полного перевода вагонного парка (1 млн. вагонов) на новые пружины может составить примерно 4,0 млрд. рублей.

Совместный проект ОАО «РОСНАНО», ЗАО «МАНЭП» и Томского государственного университета направлен на создание наноструктурных неметаллических покрытий. Реализация этого проекта позволит осуществить производство технологических линий для нанесения пористых наноструктурных неметаллических неорганических покрытий на алюминий, магний, титан и цирконий. Разработка будет использоваться в строительстве, и также в автомобиле- и машиностроении. Производство намечено разместить в Томске.

Наноструктурные неметаллические покрытия: нанотехнологии

Контролируемое воздействие
короткими импульсами

Образование
нанокристаллической
структуры

Принципиально
новые свойства



Продукцией проекта станут технологические линии для нанесения неметаллических неорганических керамических покрытий на поверхности металлов, разработанные группой профессора, д.х.н. Анатолия Ивановича Мамаева. Технология микродугового оксидирования, используемая при этом, обеспечивает деталям из алюминия, магния, титана и циркония свойства износостойкости (увеличение в 2 — 8 раз), защиты от коррозии, термостойкости, декоративные свойства. Это дает новые возможности для использования металлов, значительно сокращаются затраты предприятий, а отсутствие цианистых и никель/хром отходов и менее взрывоопасный процесс повышают экологическую чистоту производства.

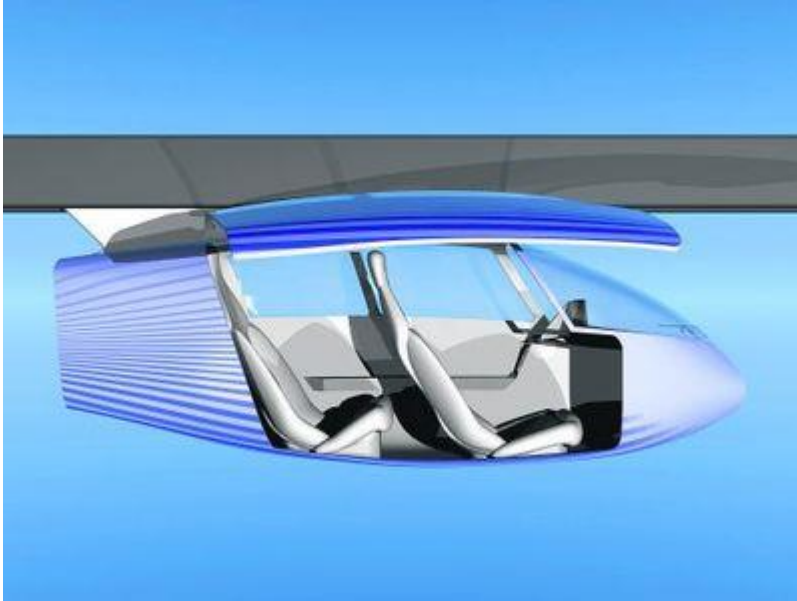
2.8. Транспорт будущего

С внедрением нанотехнологий на транспорте грядут серьезные перемены. Через 20 лет автомобили будут летать, ездить, плавать и общаться. Автомобили должны стать маленькими, экономичными и умными, иначе в пробках застрянет весь мир.



Миниатюрный автомобиль

О том, что «Автомобили, автомобили, буквально все заполонили» певец Валерий Леонтьев пел еще в 1980-х годах прошлого века. Однако на тот момент никто даже не догадывался, насколько будет загружена дорожная сеть буквально через 20 лет. Сегодня практически все крупные города мира простаивают в многокилометровых пробках, и это, похоже, еще не предел. По мнению аналитиков VDA (Союз автопроизводителей Германии), в 2030 году нас ожидает дорожный коллапс: на планете будут проживать 8 млрд человек, из них в городах — 60%, а количество автомобилей на городских дорогах достигнет 1,2 млрд. Если ничего не менять сейчас, весь мир застрянет в одной гигантской пробке, экология умрет, а топливо будет сверхдорогим. Ведущие автопроизводители разрабатывают свое видение транспорта будущего. В Калифорнии разработали проект транспортной системы Sky tran в виде капсулы для троих пассажиров, прицепленной сверху к монорельсу при помощи магнитного поля. Пассажир садится внутрь капсулы (официальное название — Sky pod), вводит адрес конечного пункта — и дальнейшая работа перекладывается на компьютеризированную систему. Скорость трамвая — 240 км/ч! И никаких пробок!



Магнитный трамвай

Заряжающиеся от дороги автобусы могут появиться в Сеуле уже в ближайшие годы

http://infox.ru/auto/highway/2010/03/...e_tr.phtml

Южнокорейские проектировщики представили новый вид общественного транспорта. Это автобусы, которые заряжаются не от рельсов или проводов, а от установленных под дорожным полотном элементов. Технология идентична той, что применяется в электрических зубных щетках. Сеул, вероятно, станет первым городом, в котором появится новый общественный электрический транспорт. В попытке сделать экологически чистые автобусы ученые из Корейского института передовой науки и технологий разработали транспорт, работающий по той же технологии, что применяется в беспроводных электрических щетках и бритвах. Новый транспорт не подсоединен к проводам, у него нет бензобака, а энергией питается от проходящих под землей полос. Полосы проходят под дорожным полотном на глубине нескольких сантиметров. Они подключены к мини-электростанциям. На нижней поверхности транспорта находятся управляемые датчиками магнитные устройства, которые позволяют принимать энергию без контакта с дорожным полотном. Достаточно и того, что электрокар проезжает сверху. Один сегмент дорожного полотна, проходящего под землей, составляет в длину несколько десятков метров. Автобус, минуя каждый из таких отрезков, получает новый микрочаряд электричества. Ему не нужно заряжаться несколько часов, как мобильному телефону, говорят ученые. В отличие от обычных трамваев, которые нуждаются в контакте с дорожным полотном, новые устройства гарантируют безопасность для человека – при

прикосновении людей не бьет электрическим током. Система бесконтактной передачи электричества названа индуктивной подзарядкой. Ее используют некоторые производители зубных щеток: щетка не подключается напрямую к электричеству, а заряжается магнитным способом.

В США разрабатывают летающий автомобиль. Этот проект демонстрирует применение нанотехнологий в гражданской и военной технике будущего.



Управление перспективных исследований Минобороны США (DARPA) назвала победителя объявленного в начале года открытого конкурса на создание летающего «Хаммера». Новое военное транспортное средство должно вертикально взлетать и садиться, вмещать четырех бойцов, а также ездить по земле (непрерывно по бездорожью). Также оно должно быть оснащено автопилотными взлетом и посадкой, чтобы им могли управлять обычные солдаты, без прав пилота. Летающий внедорожник должен поднимать 460 кг груза и иметь возможность пролететь 460 км без дозаправки. Проект основывается на технологии так называемого винтокрыла - комбинированного летательного аппарата, способного к вертикальному взлету и посадке. Его винт будет ответственен только за подъемную силу, но не за тягу: горизонтальный полет

должен обеспечиваться дизелем. Крылья у машины будут складывающимися. Топливные баки, судя по всему, расположатся в крыльях.

2.9. Нанотехнологии в строительстве и архитектуре

Для начала предлагается посмотреть видеофильм о нанотехнологиях в строительстве:

<http://www.youtube.com/watch?v=KawUiUioZhE>

Возможности использования в строительной отрасли научно-технических разработок и продуктов нанотехнологии постепенно расширяются. Достижимые при этом эффекты, как правило, носят многофункциональный характер. Высокопрочные конструкционные композиционные материалы в присутствии нановолокнистых и порошковых частиц приобретают необходимую пластичность, имеют пониженную усадку и ползучесть. Самоочищающиеся износостойкие покрытия светопрозрачных конструкций могут обладать разной паро- и светопроницаемостью в зависимости от внешних условий. Разрабатываются молекулярные индикаторы, информирующие о напряженно-деформируемом состоянии несущих конструкций. Создаются покрытия, аккумулирующие солнечную энергию и другие примеры позитивного использования наноматериалов и наночастиц в строительном производстве. Задача состоит в обеспечении строительной и других отраслей рынков этими наноматериалами и наночастицами в нужном объеме с требуемыми технико-экономическими параметрами. Россия отстает в научно-техническом и особенно коммерческом использовании нанотехнологии от наиболее развитых в этом отношении стран: США, Европы и Японии, которые уже приступили к активной коммерциализации имеющихся наноизобретений, в том числе в строительстве. Россия же пока находится на этапе НИОКР.

Новые стройматериалы испытывают и в России. К примеру, в Сочи, как подарок к будущей Олимпиаде, построили мост из углестеклопластика. Он особенно красив вечером, когда включена подсветка. Мост городу презентовала компания ООО «НТИЦ АпАТЭК-Дубна», которая производит конструкции из композитных материалов — углестеклопластика с добавками углеродных волокон, трубок, наномеди. В прозрачных поручнях моста есть включения наноалмазов, его износостойкое покрытие содержит углеродные волокна и нанокварцы, а в состав материалов основного каркаса входят нанотрубки и медь. Медные нанопорошки придают им огнестойкость, углеродные трубки уменьшают деформацию, возникающую при остывании

материала. Чего в этом мосте нет, так это железа, поэтому он не заржавеет. Конструкция из углестеклопластика такая лёгкая, что её смонтировали за 20 минут.



Прозрачные поручни углестеклопластикового моста в центре Сочи включают наноалмазы, а покрытие – углеродные нановолокна

Наряду с известнейшими старинными памятниками архитектуры, туристов, посещающих Рим, привлекает необычное здание в духе постмодернизма — церковь *Dives in Misericordia* («Щедрый в милосердии»). Это белое сооружение из сборного железобетона и стекла состоит из трёх изогнутых конструкций, напоминающих раковины или лепестки цветка. Церковь возведена в 2003 году по проекту американского дизайнера Ричарда Мейера, а осуществить его замысел помогла итальянская компания *Centro Technico di Gruppo*. Проект церкви требовал особых технологий: её стены должны быть белоснежными и как можно дольше сохранять свою чистоту. Для решения этих задач специалисты компании выбрали цемент, изготовленный ими по новой технологии: в его состав входят наночастицы диоксида титана (TiO_2). Благодаря фотокатализу поверхность из такого цемента может сама собой очищаться. Происходит это так: когда солнечные лучи касаются стен здания, диоксид титана, входящий в их состав, действует как катализатор и ускоряет химическую реакцию. Загрязнения самой различной природы — бактерии, споры бактерий, плесень, которыми покрыты стены любого здания, — просто разлагаются на воду, кислород и соли в присутствии катализатора.



Ослепительную белизну церкви Dives in Misericordia в Риме обеспечивают наночастицы диоксида титана

Кроме того, цемент с наночастицами сам себя моет. Известно, что практически любая твёрдая поверхность отталкивает воду. Степень отталкивания зависит от угла между краем капли и твёрдым телом. Обычно угол смачиваемости равен порядка 80 градусов. После того как солнечные лучи попадают, например, на бетонную стену дома, в состав которой входит диоксид титана, этот угол уменьшается до 0 градусов. В это время поверхность становится восприимчивой к смачиванию — гидрофильной, то есть вместо образования капель вода равномерно по ней растекается. В течение последующих 1–2 дней гидрофильность сохраняется, а затем угол смачиваемости начинает постепенно увеличиваться, пока не достигнет снова 80 градусов. Поверхность становится водоотталкивающей, а накопившаяся за это время вода скатывается с неё, увлекая за собой частички грязи.

Церковь, построенная из белого бетона и стекла, буквально «светится», что особенно заметно на фоне окружающих её жилых построек 1970-х годов. Новые строительные материалы помогли воплотить в жизнь замысел Ричарда Мейера, считающего, что «свет является средством, с помощью которого мы способны испытывать то, что называется божественным».

Ещё один экспериментальный проект — Большой национальный театр в Пекине. Его автор — француз Поль Андрё. Под сферической оболочкой из стекла и бетона расположены три самостоятельные площадки — оперный и концертный залы, театр. Здесь же — многочисленные выставочные павильоны, рестораны и магазины.



Стеклянный купол Большого национального театра в Пекине покрыт самоочищающейся плёнкой

Архитектор Андрё назвал своё детище «Городом театров». Сооружение находится посреди искусственного озера, из-за формы купола и отражения в воде местные жители назвали театр «яйцом». Стеклянная поверхность купола всегда прозрачна, так как покрыта тонкой плёнкой из катализатора TiO_2 , благодаря которому под действием фотокатализа купол самоочищается. Через панели многослойного теплоизолирующего стекла можно наблюдать происходящее внутри.

Самоочищающийся вид цемента с диоксидом титана использовали и при строительстве памятника жертвам холокоста в Берлине в 2005 году — множество бетонных прямоугольных плит в центре города.



Памятник жертвам холокоста в Берлине не покрывает плесень, потому что он построен из бетонных плит с наночастицами диоксида титана

2.10. Нанотехнологии в лакокрасочной промышленности

Нанотехнологии играют немаловажную роль в разработке современных красок и покрытий. Получение определенных наноструктур и использование наночастиц в покрытиях и красках позволяет создавать продукцию с улучшенными или абсолютно новыми свойствами. Сложно представить, но материалы, разработанные в советские времена, такие как эмали АС-554 или лаки АС-528 встанут в ряды нанотехнологий. В настоящее время существует несколько малых и средних компаний, выпускающих нанотехнологические продукты на рынок. К таким видам продукции относятся: антибактериальные краски; самоочищающиеся покрытия; покрытия, стойкие к царапанию; прозрачные покрытия с повышенной защитой от УФ-излучения; краски, экранирующие электромагнитное излучение. Нанотехнологии открывают для лакокрасочной промышленности большие возможности, но вместе с тем и несут некоторые риски. Наночастицы изучены еще недостаточно хорошо для того, чтобы полностью оценить их воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Однако исследовательские программы уже дали определенные результаты, показывающие, что оснований для паники нет. Союз немецкой лакокрасочной промышленности заказал Дрезденскому техническому университету исследования наночастиц. В результате исследований не было обнаружено опасности нанопокровов для здоровья человека или окружающей среды. Кроме того, в планах союза немецкой лакокрасочной промышленности продолжить исследования, чтобы получить представление о влиянии атмосферных воздействий на порошковые покрытия и обработанные покрытия, содержащие наночастицы.

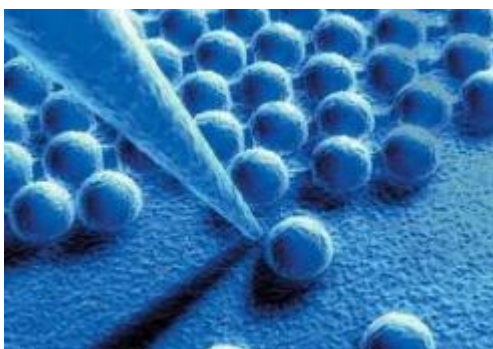
В рамках этих исследований в первую очередь изучается влияние нанотехнологических продуктов на здоровье людей, занимающихся покрасочными работами самостоятельно или находящихся в жилых помещениях. Вместе с тем, результаты исследования применимы к вопросу безопасности и гигиены на крупных и мелких производствах. Производственная безопасность и гигиена регулируется правовыми нормами и директивами различных страховых ассоциаций. Кроме того, Союз немецкой лакокрасочной промышленности разработал специальную инструкцию по нанесению покрытий. Эта инструкция оговаривает опасность попадания наночастиц в легкие при дыхании. Проникновение частиц через пищевод или кожу имеет второстепенное значение. Так или иначе, ввиду применения растворителей используются предметы, защищающие кожу: очки, одежда, перчатки. Прием пищи во время производственного процесса запрещен. Необходимо отметить, что используемые на предприятиях защитные фильтры надежно задерживают наночастицы. Страховыми ассоциациями были проведены измерения соответствующих параметров в автомобильной промышленности, в которой также используются краски с наночастицами. Было обнаружено отсутствие наночастиц в окружающем воздухе. В лакокрасочной промышленности наночастицы используются уже не одно десятилетие, и нет никаких данных о профессиональных заболеваниях, связанных с этими частицами. Можно сделать вывод, что риска для здоровья рабочих не существует. Нанотехнологии дают широкий спектр новых возможностей для лакокрасочной промышленности. В частности, возникает возможность производить покрытия, не только защищающие подложку и служащие украшением, но и выполняющие другие полезные функции. Необходимо упрочить и расширить присутствие нанотехнологий на мировом рынке. Пойти на это можно только при условии, что законодательные органы будут поддерживать новые технологии. Этот вопрос обсуждается в Европейском союзе.

Рекомендуем посмотреть видеofilm о применении нанотехнологий в лакокрасочной промышленности:

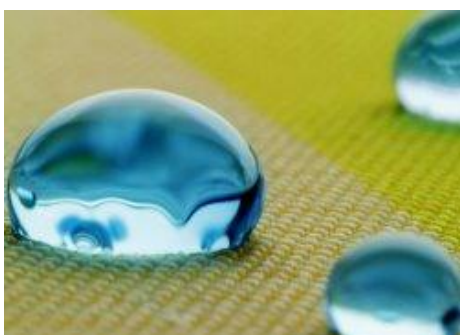
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=ltuGMMKQW3c

Начиная с 2006 года, в промышленном производстве появились краски, полученные с использованием нанотехнологий. Само понятие нанокраска при использовании этих новейших технологий поднимает это понятие на совершенно новый уровень восприятия. Подобные краски обладают совершенно уникальными свойствами. Это фасадные и интерьерные краски, грунтовки и противопожарные краски. К примеру, нанотехнологическая

краска, самоочищающаяся под воздействием света, может быть использована для внутренних работ. Это краска матовая и выполнена на водной основе.



По сути, она является вододисперсионной, которую хорошо знают все. Уникальность этой краски, сделанной с использованием нанотехнологий, проверили на опыте. На белом листе гипсокартона спиртовым маркером были нарисованы линии. Через несколько дней, под воздействием света, следы от маркера исчезли. Эта краска хорошо ложится на такие виды общестроительных оснований как гипсокартон, кирпич, бетон, штукатурка. Благодаря фотокаталитическому очищению, краска может обладать грязеотталкивающими свойствами. Она обладает такой способностью, как не позволять образованию сажи, копоти, следов никотина и других подобных загрязнений. Легко смываются с окрашенных такой краской поверхностей пятна карандашей, акварели, жира, соуса. Мыть поверхности, на которые нанесена такая краска можно многократно.



При этом она сохраняет свои первоначальные свойства. Более того, благодаря содержанию наночастиц, а также пористой структуре смолы, поверхность подвергается естественной вентиляции – дышит. Это значительный плюс для экологии окрашенного помещения. В такой краске нет примесей летучих вредных веществ, что также делает ее чистой с экологической точки зрения и безвредной для здоровья. Краска легко наносится внутри помещения на поверхность потолков, стен. Она обладает антибактериальными свойствами. Подобную краску эти свойства, а также эффект фотокаталики, делают незаменимой при использовании в таких местах, как больницы, рестораны, отели, детские сады, магазины, офисы, школы и жилые помещения. Проще говоря, такая краска идеальна для использования, практически, в каждом помещении. Существуют фасадные нанокраски, которые обладают аналогичными свойствами. В сущности, можно говорить об умной краске, полученной на водной основе. Она очищается под воздействием дождевой воды и света. Именно благодаря тому, что в ней содержатся наночастицы, загрязнители органического происхождения, попадая на поверхность с водой дождя или под воздействием света солнца, разрушаются. При этом образуются безвредные компоненты воздуха, до азота, CO₂, сульфатных солей и воды. Соли, выступающие на поверхности, счищаются ветром или дождевой водой. Что касается коррозии или промышленных условий, то здесь присутствует высокая защита от ультрафиолетовых лучей, воздействия влаги, воды. Долгий срок службы фасада здания обуславливается высокой паропроницаемостью. На протяжении многих лет поверхность будет поддерживать такое свойство, как грязеотталкивание или, иначе говоря, фотокаталитическое свойство.



При этом на поверхности, покрытой краской с нано частицами, сохраняются антибактериальные свойства. Таким образом, подобные свойства позволяют как получить стильную поверхность с очень простой эксплуатацией, так и поглотить токсины или примеси и отсеять бактерии. Все это помогает оздоравливать атмосферу в рабочих и жилых помещениях. Использование такой краски не дает возможности агрессивной среде

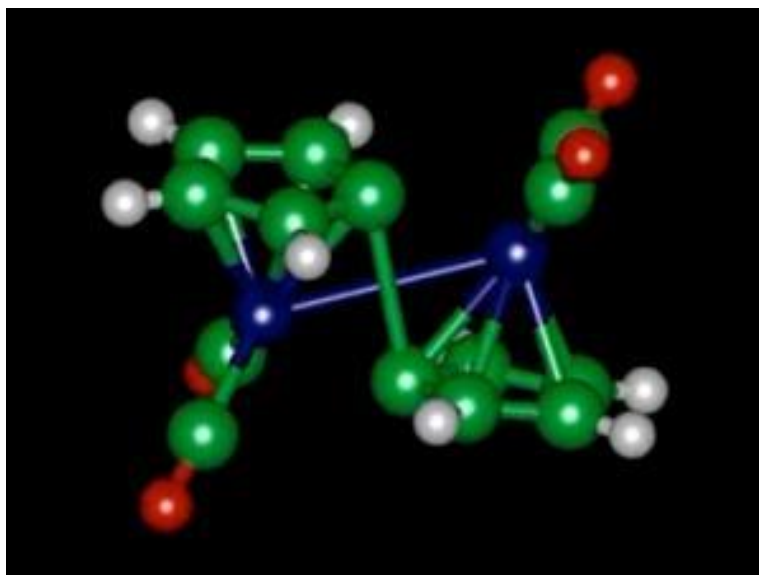
подвергать биологической коррозии как фасад здания, та и его внутренние помещения.

Говоря о красках, полученных с применением нанотехнологий, нужно подчеркнуть и то, что их использование не предполагает применения каких-либо особых инструментов и специальных навыков. Сама технология окрашивания мало чем отличается от принципа, применяемого при окрашивании обычными красками на водной основе.

2.11. Химические аккумуляторы солнечной энергии

Для использования солнечной энергии ее обычно превращают в электричество при помощи фотоэлементов, либо используют для нагрева воды, которая может вращать турбину при кипении или обогревать дома. Но есть и еще одна возможность. Молекулы некоторых химических веществ под воздействием солнечного света меняют свою конфигурацию и переходят в более энергетически-высокое состояние, таким образом, запасая в себе тепло. Когда потом они возвращаются в основное состояние - тепло выделяется. Таким образом, можно создавать тепловые аккумуляторы наподобие электрических - их можно постепенно заряжать, а потом использовать накопившуюся энергию. Об этом методе, называемом термохимическим, впервые заговорили еще несколько десятилетий назад. Одним из основных его достоинств является эффективность хранения: запасенная энергия может храниться в течении нескольких лет почти без утечек, при этом вещество, содержащее энергию, не требует изоляции - тепло начнет выделяться только в присутствии катализатора. До сих пор применение этой технологии сдерживала дороговизна необходимых материалов. Возможно, благодаря новым открытиям их удастся существенно удешевить.

Идея метода родилась еще в 1970-х годах, но первое и пока единственное вещество, способное эффективно и надежно запастись энергией солнца в виде тепла, фульвален-тетракарбонилдирутений было обнаружено лишь в 1996-ом году. Но оно содержит редкий и дорогой химический элемент рутений, и, в добавок, до сих пор еще никто не понимал как оно работает. Ученые из Массачусетского технологического института (США) при помощи теоретических, вычислительных и экспериментальных методов смогли понять принцип работы этого редкого по своим свойствам вещества. Благодаря этому они надеются найти и более дешевые аналоги, не содержащие рутений.



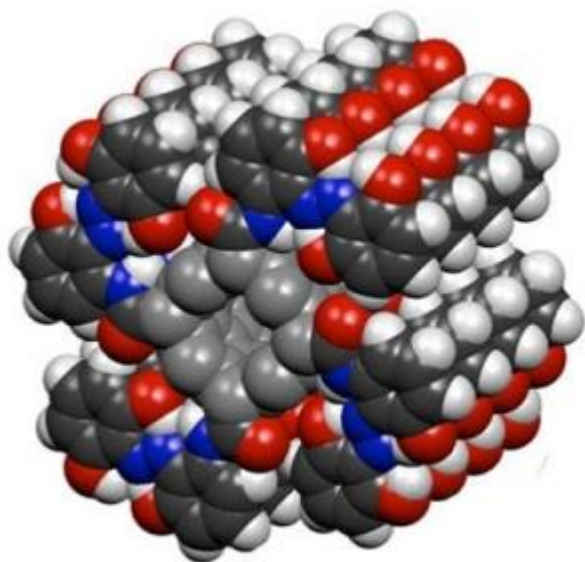
Молекула фульвален-тетракарбонилдирутения

Оказалось, что причиной всему - необычный энергетический профиль данного вещества. Между стабильными состояниями с низкой и высокой энергий (о которых знали и раньше), было обнаружено полустабильное состояние с промежуточным значением энергии, что оказалось неожиданным для ученых. Именно оно помогло объяснить почему вещество так стабильно, процесс накопления тепла легко обратим, а вещества не содержащие рутений - не работают, ведь у них такого промежуточного состояния нет. Теперь исследователи будут искать другие - более дешевые и распространенные вещества с похожими свойствами.

Однако, с появлением нанотехнологий наступает время более кардинальных решений этой проблемы. Одно из наиболее удивительных открытий нанохимии и нанотехнологии состоит в том, что углеродные нанотрубки обладают способностью сохранять солнечную энергию. Исследователи из США разработали новый вид солнечного «аккумулятора», который может сберегать до 10000 раз больше тепловой энергии, чем существовавшие раньше системы. «Аккумулятор», который рассчитан при помощи аналитической химии и еще не до конца исследован в лаборатории, состоит из углеродных нанотрубок, модифицированных азобензолом. Ученые считают, что разработанная ими система позволит сохранять энергии на единицу объема примерно столько же, сколько сохраняют литий-ионные батареи; кроме того, «топливо» сможет хранить эту энергию сколь угодно долго. При этом подзарядка хранилища обеспечивается простым воздействием солнечного света (никакого электричества не требуется).

Принцип действия солнечного теплового «аккумулятора» заключается в сохранении тепловой энергии солнца за счет химических связей молекул.

Описать свойства этого вещества проще всего на примерах. К примеру, вещество (солнечный «аккумулятор») в «нулевом» состоянии А поглощает солнечную энергию, за счет чего его молекулы переходят в состояние Б. При этом изменяется только геометрия самих молекул, химических реакций не происходит. К слову, такие молекулы называют «фото-переключаемыми». Молекулы менее стабильны в состоянии Б, т.к. имеют более высокую энергию. Разница энергий всех молекул вещества в состояниях Б и А – это то количество энергии, которое может быть запасено подобным «аккумулятором».



Трехмерная модель разработанной фото-переключаемой молекулы

Несмотря на то, что состояние А является более стабильным, чем Б, можно обеспечить условия, при которых молекула неограниченно долго остается в состоянии Б, пока не сработает «спуск», передающий достаточный объем энергии для перехода обратно в состояние А. Роль «спуска» в данном случае может играть свет, тепло или внешнее напряжение. При обратном переходе молекул из состояния Б в состояние А накопленная энергия высвобождается в виде тепла. В дальнейшем это тепло можно использовать для кипячения воды или выработки электроэнергии. После выделения накопленной энергии, вещество может «перезарядиться» с помощью солнечного света; при этом в случае с «идеальным аккумулятором» цикл может повторяться до бесконечности, без потери производительности (как

это происходит в электрических аккумуляторах).

В качестве принципиально новой основы для солнечного «аккумулятора» ученые из Massachusetts Institute of technology (MIT, США) предложили использовать системы, состоящие из углеродных нанотрубок, модифицированных с помощью азобензола. В данном случае нанотрубки используются для того чтобы обеспечить взаимодействие между двумя молекулами азобензола. Данное взаимодействие и является ключом к совершенно новым химическим состояниям с длительными сроками существования. Вычисления показывают, что подобные системы могут сохранять гораздо больше (в 10 тысяч раз) энергии, чем известные на сегодняшний день солнечные «аккумуляторы» на базе рутения. Столь высокая плотность энергии, если она будет доказана на эксперименте, приведет к более широкому использованию солнечных «аккумуляторов» в реальных задачах. На сегодняшний день только начали синтезировать и тестировать разработанное соединение. Правда, ученые сами признают, что есть еще достаточно много проблем, которые надо решить до того, как решение может попасть в коммерческую эксплуатацию. Ученые считают, что в своем исследовании они задействовали лишь одно из возможных веществ, обладающих таким потенциалом. Они считают, что сходные свойства можно обнаружить при сочетании углеродных нанотрубок с другими известными хромофорами (веществами, поглощающими солнечный свет).

2.12. Средства связи и информации

Специалисты не безоснований утверждают, что нанотехнологии придадут мобильным телефонам «органы чувств». Прогнозируют, что уже к 2015 году у мобильного телефона появятся «жидкий глаз» и «электронный нос», а к 2060 году будет создан компьютер, по скорости обработки данных сравнимый с человеческим мозгом. В следующем десятилетии будет создан набор технологий, которые позволят мобильным телефонам распознавать запахи, звуки и визуальные образы. Это позволит людям полноценно общаться даже на расстоянии 3 тыс. миль. Ученые стремятся достичь качества передачи звука, создающего иллюзию полного присутствия собеседника рядом с говорящим.

Ведущие производители мобильных телефонов работают над созданием тонких, как бритва, и гибких аппаратов. Ставки делают на компанию Samsung, которая сейчас занимается разработкой смартфона, основанного на светодиодах, изготовленных из органических материалов, которые при прохождении через них электросигнала излучают свет.

Аналитики компании уверены, что такой смартфон очень быстро завоеует мировую популярность. Экран телефона, как рассказывают представители Samsung, можно будет сворачивать и складывать, так как он будет в виде пластиковой подложки, тонкой и гибкой, основанной с использованием жидкокристаллической технологии. В производстве гибких телефонов, возможно, будут использовать графен, за который Нобелевскую премию получили выходцы из России, работающие в Манчестерском университете. Об этих талантливых ученых говорилось выше. Графен представляет из себя слой углерода, толщина которого один атом. Он гибкий, лёгкий, с проводящими свойствами и прочен как алмаз. Исследователи считают, что графен в будущем сможет заменить кремний и революционизировать электронику.

Разработки идут быстрее, чем можно было думать. В 2005 году компания Philips уже продемонстрировала первый прототип дисплея, который можно было скрутить в рулон. Nokia также разработала ряд прототипов гибких мобильных телефонов. Но не всё так просто. Для того, чтобы готовый товар был гибким, в нем все должно быть гибким: и фронтальная панель, и подложка, на которой находятся транзисторы, а также аккумуляторы, на которых работает устройство, его оболочка, сенсорный экран и другие компоненты.

Согласно прогнозам, нанотехнология в 10 раз увеличит эффективность батареи мобильного телефона. Уже не первый год появляются сообщения том, что ученые придумали, как увеличить срок службы и емкость батарей для мобильных устройств в разы. Тем не менее, все эти разработки пока что так и остаются разработками, не дошедшими до конечного потребителя. Исключение составляют разве что топливные элементы, которые в экспериментальном порядке продаются в Японии.



И вот французские специалисты сообщили о разработке новой нанотехнологии, которая сможет на порядок увеличить эффективность батареи. Суть разработки в том, чтобы свести практически к нулю потери энергии в устройствах, находящихся в режиме ожидания. С этой целью решили использовать нановолокна.

Пожалуй, наиболее полное и интригующее сообщение о мобильниках будущего представила Nokia. Эта финская компания совместно с Кембриджским университетом разработала концептуальный телефон на основе нанотехнологий. Телефон Morph может гнуться, принимать различную форму и даже изменять размер, отличаясь функциональностью, не доступной современным телефонам. Некоторые компоненты Morph появятся в мобильных телефонах уже в течение 7 лет.



Смартфон Morph состоит из гибкого прозрачного материала. Он может гнуться, изменять форму и размеры. Исходя из представленных изображений, вся поверхность мобильного является экраном, реагирующим на прикосновения. При этом на телефоне не остается никаких следов от пальцев, и его поверхность всегда остается чистой. Аппарат можно растянуть — и тогда он превратится в отличное средство для просмотра видео, веб-серфинга и набора текстовых сообщений. Затем телефон можно сложить в обыкновенный моноблок, а в случае необходимости — обернуть вокруг запястья. Интегрированные в устройство солнечные элементы обеспечивают питание, а датчики собирают информацию об окружающей среде.



К телефону прилагается динамик из белого пластика, оборудованный своим собственным дисплеем. Когда он находится на телефоне, то выполняет функцию стандартного спикера, однако его можно отсоединить и надеть на ухо — тогда он будет играть роль беспроводной гарнитуры. «Nokia Research Center» старается заново изобрести форму и функциональность мобильных устройств, — рассказывает главный технический директор Nokia Боб Яннуччи (Bob Iannucci). — Концепт Morph показывает, каким может быть будущее». По словам разработчиков, они создали лишь отдельные частички тех технологий, которые присутствуют в Morph, в то время как задача их объединения — то, над чем инженерам еще предстоит поработать. Тем не менее, некоторые элементы Morph можно будет увидеть в телефонах уже в течение следующих семи лет.





2.13. Нанонаука против nanoобмана

В обществе дикого капитализма, где властвуют деньги, где процветают воровство, коррупция, мошенничество, жульничество – обязательно находятся те, кто пытается использовать привлекательный бренд нанотехнологий в сугубо корыстных целях, не гнушаясь прямого обмана. За нанотехнологии выдают заурядные поделки, сомнительные по качеству, никому не нужные, а подчас и вредные. Руководитель президентской администрации Сергей Иванов, еще в бытность первым вице-премьером, предостерегал против слепой доверчивости навязчивой рекламе, активно спекулирующей на популярном термине «нано».



Сергей Иванов

Иванов высказал сомнение в том, что в рекламируемых товарах, таких как «нанокрем» или «наноцинк», вообще используются нанотехнологии. «Ушлые торговцы и рекламодатели, ухватившись за популярное слово, уже начали дурить народ», - сказал Иванов. По его мнению, эта продукция не прошла никакого лицензирования. «Я сильно сомневаюсь, что там вообще есть какие-либо нанотехнологии», - заявил Иванов. Это всё рекламные трюки, резюмировал он. Академик рекламы, вице-президент Ассоциации коммуникационных агентств в России Владимир Евстафьев согласился, что слово нанотехнологии сейчас стало действительно очень популярным. Поэтому неудивительно, что рекламщики при поиске новых идей начали обращаться к использованию приставки "нано" при создании рекламных роликов. Рекламисты всегда ищут хорошие ходы для пиара продукта, говорит Евстафьев. Он предупреждает, что есть "подводный камень", который называется недостоверная реклама. Если компания действительно использует при создании своей продукции нанотехнологии, то оперировать этим словом в рекламе ей никто не может запретить. Однако, если информация в рекламе недостоверна, в том числе, это касается нанотехнологий - тогда ею могут заинтересоваться в ФАС.

Слова Иванова не на шутку испугали фирмы, которые активно рекламируют свою продукцию как «нано. И это несмотря на то, что в интернете сейчас наблюдается настоящий бум на использование приставки "нано". Даже интернет-игру, чем-то напоминающую некогда популярные японские "Тамагочи", разработчики назвали "Нано-пупсом". Хотя какое отношение интернет-игра имеет к нанотехнологиям? Никакого, уверяют в компании: "нано" в названии используется исключительно "для красоты". Впрочем, первого премьер-министра тоже можно было понять. Скорее всего он просто возмущался тем, что использование в рекламе "нанотехнологий" изначально портит репутацию серьезной и перспективной науки, на развитие которой государство готово вложить ни много ни мало - целых 130 млрд рублей.



Литература к разделу 2

1. "Synthetic Metals", 2001, vol. 121, №1-3, p.1-598.
2. "Chem. Eng. (USA)", 2002, vol. 109, №12, p.23.
3. Watkins C. "Inform: Int. News. Fats, Oil and Relat. Materials", 2003, vol. 14, №4, p.168, 171.
4. Kleine Teilchen – Grosse Leistung. "Coatings", 2003, Bd. 36, №4, S. 162-164.
5. Cyranoski D. "Nature", 2001, vol. 414, №6861, p.240.
6. Hagenmueller R., Gommans H.H., Rinzler A.G. et al., "Chem.Phys.Letters", 2000, vol. 330, p.219-225.
7. Hu Z., Lu X., Gao J. "Adv.Mater.", 2001, vol. 13, №22, p.1708-1712.
8. "Keram. Z.", 2003, Bd. 55, №2, S. 116, 119.
9. "Galvanotechnik", 2002, Bd. 93, №7, S. 1864.
10. Ульянова П.А., Фролов Ю.В., Пивкина А.Н. «Научная сессия МИФИ-2002 (сб.научн.трудов)» - М., МИФИ, 2002, с. 150-151.
11. Forster S., Plattenberg T. "Angew.Chem.Intern.Ed.", 2002, vol. 41, №5, p.689-714.
12. Carotenuto G. "Polymer News", 2002, vol. 27, №9, p.311-315.
13. Chen D.R., Wendt C.H., Pui D.Y.H. "J.Nanoparticles Research", 2000, vol. 2, p.133-139.
14. Hunziker P.R., Stolz M., Aebi U. "Chimia", 2002, vol. 56, №10, p.520-526.
15. Khopade A.J., Caruso F. "Biomacromolekules", 2002, vol. 3, №6, p.1154-1162.
16. Tacies A., Copete V.T., Pi S.R. et al. (Cognis Deutschland GmbH). Заявка ЕПВ 1243326 (2001); РЖХ, 2003, №14, 19Н.123П.
17. Wellinghoff S.T., Dixon H., Rawls H.R. et al. (Southwest Research Inst.). Пат.США 6410765 (2002); РЖХ, 2003, №15, 19О.135П.
18. Klee I.E., Walz U., Facher A. et al. (Dentsply De Trey GmbH). Заявка Германии 10101537 (2001); РЖХ, 2003, №14, 19О.272П.
19. Roth M., Schroder Ch., Dolhaine H. et al. (Henkel KGaA). Заявка Германии 10027950 (2000); РЖХ, 2003, №5, 19Р2.69П.
20. Poisot P., Laurelle S., Grudeon S. et al. "Nature", 2000, vol. 407, p.496-499.
21. "Atoms Japan", 2002, vol. 46, №2, p.19-20.
22. Islam A., Sugihara H., Hara K. et al. "J.Photochem. and Photobiol., A", 2001, vol. 145, №1-2, p.135-141.
23. "Galvanotechnik", 2002, Bd. 93, №10, S. 2643.
24. Dalmazic L., Joulin J. "Industrie ceramique et Verre", 2002-2003, №983, p.53-56.
25. Li J., Stein D., Mc Millan C. et al. "Nature", 2001, vol. 412, p.166-169.
26. Lin X.M., Parthasarathy R., Jaeger H.M. "Appl. Phys. Lett.", 2001, vol. 78, №13, p.1915-1917.

27. Yamaguchi H., Hirayama Y. "Appl. Phys. Lett.", 2002, vol. 80, №23, p.4428-4430.
28. Lee S.B., Martin Ch.R. "Chem. Mater.", 2001, vol. 13, №10, p.3236-3244.
29. Niemeger Ch.M., Adler M. "Angew. Chem. Intern. Ed.", 2002, vol. 41, №20, p.3779-3783.
30. Metzger R.M. "J. Macromol. Sci., A", 2001, vol. 38, №12, p.1499-1517.
31. Fuhrer M.S., Kim B.M., Durkop T. et al. "Nano Lett.", 2002, vol. 2, №7, p.755-759.
32. Unger E., Weber W. (Infinition Technologies AG). Заявка Германии 10038125 (2002); РЖХ, 2003, №5, 19Т.134П.
33. "Electrochemistry in Molecular and Microscopic Dimensions: 53 Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry". Dusseldorf, 15-20 Sept. 2002 (Book of Abstracts)". – Frankfurt an Main, 2002, p.115 (цит. по РЖХ, 2003, №17, 19Л.343).
34. Huang W., Taylor Sh., Fu K. et al. "Nano Lett.", 2002, vol. 2, №4, p.311-314.

3. Нанобудущее

После всего того, что мы узнали о перспективах нанотехнологий, помечтаем о будущем человечества. Нанотехнологии способны открыть невиданные, поистине фантастические возможности для человечества. Сегодня уже не только авторы научно-фантастических романов осмеливаются рассматривать возможности развития человеческого общества в будущем. Футурологи давно разрушили все воображимые границы времени и пространства, указывая конкретные даты будущих событий. Мы живем в эпоху глобального научного переворота, темпы познания мира непрерывно возрастают, поэтому не просто предсказывать, каким будет мир в будущем. Прогнозы на будущее, за редким исключением, всегда недооценивали скорость технического прогресса. За последние несколько десятилетий человечество обрело больше научных знаний, чем за всю предыдущую историю. Логично предположить, что к концу XXI века объем научных знаний удвоится еще не раз. Будущее само открывает людям свои тайны, когда наступает определеннный период исторического развития.

В очень далеком будущем люди должны будут покинуть Землю и переселиться к соседним звёздам. Сможет ли человечество возродиться где-то на планете, похожей на Землю, вращающейся вокруг такой же, как Солнце, звезды? Уже сегодня ученые-физики рассуждают о том, как в будущем одним усилием воли будут управляться компьютеры, как мы овладеем телепортацией, будем подключаться к мировому

информационному полю, создавать парящие в воздухе автомобили, заселять Антарктиду, колонизировать Марс и Венеру...

Всё больше учёных-футурологов и фантастов утверждает, что в отдаленном будущем человечество освоит новые виды реальности – многомерные пространства и параллельные миры. Возможно ли это? А разве нельзя помечтать о том, что мир, в котором мы живем, станет сказочным. Интернет, к примеру, превратится в известное сказочное зеркальце. Достаточно будет обратиться к нему: «Свет мой, зеркальце, скажи...», — и в нем появится приветливое лицо, обеспечивающее нам доступ ко всей накопленной на планете мудрости.

Идеальные города будущего поднимутся выше небоскребов и позволят человеку отдохнуть от шума и суеты в зеленом оазисе. Живописные высотки в виде цветков лотоса поднимут свои цветочные бутоны – крыши высоко над землей. Сегодня этот город в небесах похож на сказку, но она очень скоро может стать былью. Или Мега-Сити-Пирамиды из углеродного волокна, где смогут вместиться до миллиона человек. Они будут включать в себя дома, офисы, гостиницы, магазины.







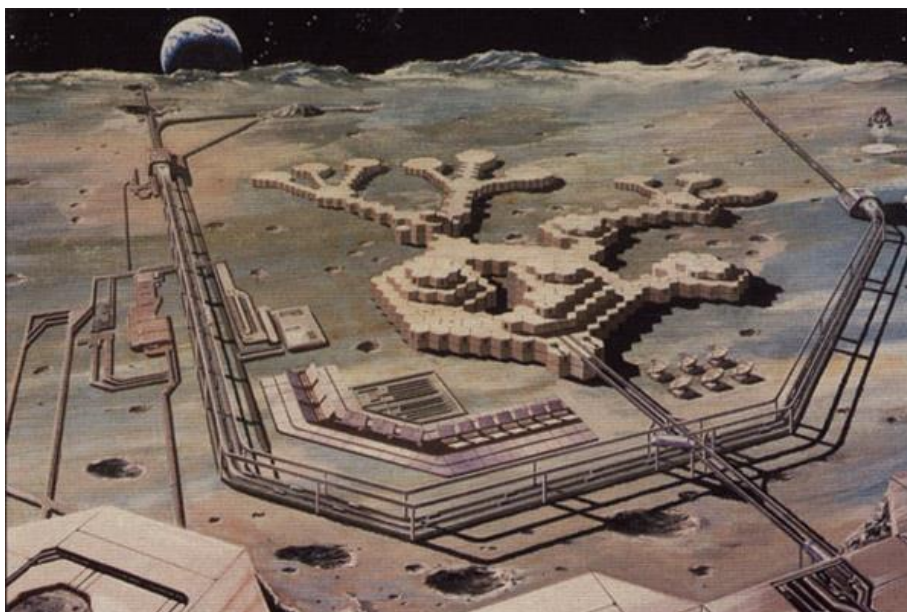
В будущем компьютеры распознают многие гены, ответственные за старение, и мы, возможно, будем вечно молодыми. Мы научимся замедлять, а может быть, и поворачивать вспять процесс старения. Расширенная реальность внушит нам иллюзию того, что каждый из нас, подобно Золушке, может поехать на фантастический бал в королевской карете и танцевать там с прекрасным принцем (но в полночь очки расширенной реальности выключатся, и мы вернемся в реальный мир). Компьютеры раскроют тайны генов, контролирующих наше тело, и мы сможем перестраивать свое тело по желанию, заменять изношенные органы и менять внешность даже на генетическом уровне, как чудовище в сказке «Аленький цветочек».

Учёные полагают, что вид людей без генетических модификаций с учетом меняющихся условий жизни на Земле, вероятно, сможет просуществовать не более 3 - 5 тысяч лет. В космосе должны появиться новые генетические подвиды и виды человеческих ДНК, у которых будет иной набор хромосом и генов. И эта «фантастическая» перспектива начнет воплощаться в ближайшие 100 - 250 лет. Первые генные нанотехнологии, оперирующие клетками и сложными белковыми конструкциями, учёные планируют получить уже в этом веке. Кажется невероятным, что через пару столетий по Земле будут ходить люди, заметно отличающиеся от современного человека. А роботы, которых можно будет легко спутать с человеком, появятся уже к середине XXI столетия?!

Сторонники «кибернетического бессмертия» уверены, что технологии искусственного тела помогут человеку относительно безопасно летать в космос. Для этого необходимо будет скорректировать программы космической деятельности и выходить в «большой космос», будучи оснащенными личными «аватарами». К середине века ученые завершат создание новых ракет-носителей, чтобы снизить стоимость запусков. Возможно, в космос будет запущена солнечная электростанция мощностью 1 ГВт — громадный спутник площадью в несколько квадратных километров, полностью облицованный солнечными батареями. Не исключено, что к концу текущего века развитие нанотехнологий сделает возможным даже знаменитый космический лифт.



Некоторые популяризаторы науки считают, что можно будет рассылать по всему космосу миллионы микрокомпьютеров размером с ноготь, которые будут перемещаться в пространстве со скоростью, близкой к скорости света. Эти микрокомпьютеры, исследуя пространство, будут искать внеземной разум, и передавать послания от землян. Затем к колонизации звёздных миров приступят люди.



Вполне возможно, что с 2065 года в ближнем космосе начнут строиться промышленные комплексы для производства и беспроводной передачи на Землю электроэнергии, полученной из солнечных излучений. Начнется промышленное освоение Луны с целью извлечения из её недр гелия-3, который станет топливом для безопасных и компактных термоядерных станций. 2160-2255 годы станут годами открытия новых технологий освоения человечеством Вселенной. Будет создана компьютерно-телепатическая сеть «Теленет», открывающая путь к симбиозу человеческого сознания, телепатических техник и виртуальной реальности. 2250 - 2350 годы станут периодом активной колонизации Луны, Венеры и Марса, спутников планет-гигантов, а также промышленной разработки пояса астероидов. Начнутся первые межзвёздные перелеты. До 2445 года человечество научится пользоваться энергией земного ядра. Литосфера Земли станет средой расположения высокотехнологических городов-мегаполисов, разветвлённой сети подземных коммуникаций, промышленных комплексов и геоэнергетических станций. До 2550 года будет завершено строительство инфраструктуры подводной цивилизации. Не исключается, что «погружение» человеческой цивилизации в недра планеты и океан будут вызваны краткосрочным остыванием Солнца в 2318-2328 годах, когда существование человека на поверхности планеты в результате высоких температур и интенсивного испарения атмосферы станет не очень комфортным. В период с 2555 до 15120 года основные свои усилия человечество сосредоточит на колонизации всех пригодных для развития жизни планет Галактики. Вокруг этих планет будут созданы ноосферы – многослойные банки памяти людей. Путешествия в прошлое и будущее

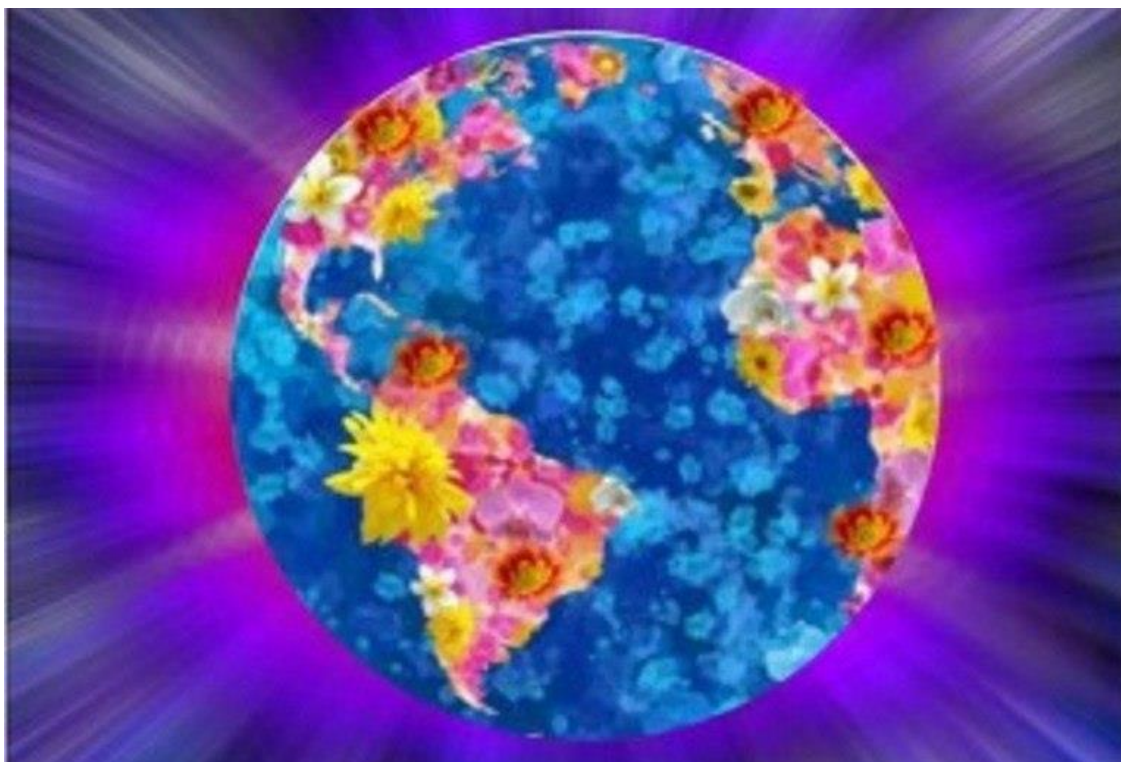
станут обычными явлениями. Их возможность обеспечат эксперименты с гравитацией и «черными дырами».



В будущем человечество наверняка будет всерьез рассматривать проект терраформирования Марса — превращения его в более приятную для жизни планету. Работы по этому проекту начнутся в лучшем случае в самом конце XXI века, скорее даже в начале следующего. Уже сейчас ученые успели рассмотреть несколько способов, как сделать Марс более гостеприимным местом. Поскольку исследование и освоение космоса должно быть экономным и эффективным, а выход человека за пределы околоземной орбиты сопряжен с огромными техническими трудностями, учёные полагают, что только автономные и самовоспроизводящиеся роботы могут

зайти во Вселенной достаточно далеко, чтобы найти жизнь. Возможно, там они встретятся с такими же механизмами других разумных существ.

Научные фантасты даже уверяют, что человек обретет совместную форму существования вместе с машинами, которой не страшна даже смерть. Ученый считает, что в ближайшее время компьютеры станут умнее людей, человеческий разум и тело сможет слиться с машиной и перевоплотится в суперкиборга. В отдаленном будущем, когда люди научатся переносить структуру своего мозга в машину, роботы или человекоподобные киборги, возможно, подарят нам бессмертие. Эта мысль кажется сказкой, но не выходит за пределы возможного. По представлениям некоторых ученых, в будущем человека ждет бессмертие (в кремниевой форме или в виде искусственных тел с улучшенной ДНК). Билл Гейтс с оптимизмом говорит, что роботы-машины могут стать «следующим большим скачком», никто не может определенно сказать, когда эта индустрия наберет критическую массу, но если это произойдет, то роботы, возможно, изменят мир».



О том, какой может быть последующая судьба человечества сегодня остаётся только гадать. Но вполне возможно, что всё будет так, как прогнозируют ученые и футурологи. Верить этому или нет? Полагают, что все модели предельно ускоренного развития человечества можно считать оптимистическими моделями. Мы относим себя к фантастам и оптимистам, и

поэтому верим, что настанет время, когда человечество достигнет гармонии с окружающим миром и построит более совершенный сказочный мир!

3.1. Нанообщество – продукт интеллектуальной и технологической революции

Ну а теперь, после сладостных мечтаний, поговорим серьезно. Научно-техническая революция - это новый этап научно-технического прогресса. Он характеризуется открытием новых законов природы, созданием новых и появлением новых отраслей техники. Наблюдается стремительный прогресс науки, который сопровождается переворотом в средствах научного труда, в технике и организации исследований, в системе информации. Успех науки позволяет создать такие технические средства, которые могут заменить и физический и умственный труд человека. Основными направлениями реализации НТР и научно-технической деятельности стали: автоматизация производства и управления, открытие и использование новых видов энергии, создание материалов с заданными свойствами, освоение космоса, электронные микротехнологии, глобальная автоматизация информационных процессов и создание глобальных средств массовой коммуникации, создание искусств, интеллекта. На современном этапе НТР вызвала коренной переворот в технологии производства. Начало XXI века охарактеризовалось созданием новых направлений в науке и технике - биотехнологий и нанотехнологий. Нано - и биотехнологии составляют основу для НТР и призваны радикально изменить окружающий мир. Эпоха НТР наступила в 40 - 50-е годы XX века. Именно тогда зародились и получили развитие ее главные направления: автоматизация производства, контроль и управление им на базе электроники; создание и применение новых конструкционных материалов и др. С появлением ракетно-космической техники началось освоение людьми околоземного космического пространства. Для прогресса современной науки и техники характерно комплексное сочетание их, революционных и эволюционных изменений. Примечательно, что за два - три десятилетия многие начальные направления НТР из радикальных, постепенно превратились в обычные эволюционные формы совершенствования факторов производства и выпускаемых изделий. Новые крупные научные открытия и, изобретения 70 - 80-х годов XX века породили второй, современный, этап НТР. Для него типичны несколько лидирующих направлений: электронизация, комплексная автоматизация, новые виды энергетики, технология изготовления новых материалов, био - и нанотехнологии. Их развитие предопределяет облик производства в конце XX - начале XXI веков. Научно-техническая революция ускорила развитие мировой цивилизации, придав экономике новое качество экономического роста, в основе которого ведущее место принадлежит инновациям. В связи с этим проблемы поиска инновационных механизмов, связывающих

фундаментальную науку и реальное производство, приобретают особую значимость. Научно-техническая революция - это качественно новый этап научно-технического прогресса. НТР привела к коренному преобразованию производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития производства. В ходе НТР бурно развивается и завершается процесс превращения науки в непосредственную производительную силу. НТР изменяет весь облик общественного производства, условия, характер и содержание труда, структуру производительных сил, общественного разделения труда, отраслевую и профессиональную структуру общества, ведёт к быстрому росту производительности труда, оказывает воздействие на все стороны жизни общества, включая культуру, быт, психологию людей, взаимоотношение общества с природой, ведёт к резкому ускорению научно-технического прогресса.

В прошлом перевороты в естествознании и технике лишь иногда совпадали между собой по времени, стимулируя один другой, но никогда не сливались в единый процесс. Своеобразие развития естествознания и техники наших дней, его особенности состоят в том, что революционные перевороты в науке и технике представляют собой теперь лишь различные стороны одного и того же единичного процесса - НТР. Научно-техническая революция есть явление современной исторической эпохи, не встречавшееся ранее. В условиях НТР возникает новое соотношение между наукой и техникой. В прошлом уже вполне определившиеся потребности техники влекли за собой выдвижение теоретических задач, решение которых было связано с открытием новых законов природы, созданием новых естественнонаучных теорий. В настоящее время открытие новых законов природы или создание теорий становится необходимой предпосылкой самой возможности появления новых отраслей техники. Складывается и новый тип науки, отличающийся своим теоретическим и методологическим фундаментом и своей общественной миссией от классической науки прошлого. Этот прогресс науки сопровождается переворотом в средствах научного труда, в технике и организации исследований, в системе информации. Все это превращает современную науку в один из самых сложных и непрерывно растущих социальных организмов, в наиболее динамическую, подвижную производительную силу общества.

Успехи науки позволили создать такие технические средства, которые могут заменить и руки (физический труд), и голову (умственный труд человека, занятого в сферах управления, конторской деятельности, и даже - в области самой науки). Научно-техническая революция есть коренное, качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства, непосредственную производительную силу. Основными направлениями НТР являются: микроэлектроника, лазерные технологии, ферментные технологии, геновая инженерия, катализ, био- и нанотехнологии. Микроэлектроника -

направление технологии, связанное с созданием приборов и устройств в миниатюрном исполнении и использованием интегральной технологии их изготовления. Типичными устройствами микроэлектроники являются: микропроцессоры, запоминающие устройства, интерфейсы и др. На их базе создаются компьютеры, медицинское оборудование, контрольно - измерительные приборы, средства связи и передачи информации. Созданные на основе интегральных схем электронно-вычислительные машины позволяют многократно усилить интеллектуальные способности человека, а в ряде случаев полностью заменить его как исполнителя не только в рутинных вопросах, но и в ситуациях, требующих высокого быстродействия, безошибочности, специфических знаний, или в экстремальных условиях. Созданы системы, позволяющие быстро и эффективно решать сложные задачи в области естественных наук, при управлении техническими объектами, а также в социально - политической сфере человеческой деятельности. Все более широко используются электронные средства синтеза и восприятия речи и изображения, услуги машинного перевода с иностранных языков. Достигнутый уровень развития микроэлектроники сделал возможным начало прикладных исследований и практических разработок систем искусственного интеллекта. Предполагается, что одна из новых ветвей развития микроэлектроники пойдет в направлении копирования процессов в живой клетке, и ей уже присвоен термин «молекулярная электроника» или «биоэлектроника».

Генная инженерия. Так называется совокупность методов введения в клетку желательной генетической информации. Появилась возможность контролировать генетическую структуру будущих популяций путем клонирования. Применение этой технологии может существенно повысить эффективность сельского хозяйства. Катализ. Вещества, не расходующиеся в результате протекания реакции, но влияющие на ее скорость, называются катализаторами. Явление изменения скорости реакции под действием катализаторов, называется катализом, а сама реакция - каталитическими. Катализаторы весьма широко применяются в химической промышленности. Под их влиянием реакции могут ускоряться в миллионы раз. В некоторых случаях под действием катализаторов могут возбуждаться такие реакции, которые без них практически немыслимы. Так производятся серная и азотные кислоты, аммиак и др.

Открытие и применение новых видов энергии. Начиная от строительства атомных, геотермальных и приливных электростанций и заканчивая новейшими разработками в области использования энергии ветра, Солнца и магнитного поля Земли. Создание и применение новых видов конструкционных материалов (различные пластики активно вытесняют металл и древесину). Биотехнология. Становление биотехнологии было связано с успехами биологии в познании особенностей организации молекулярных структур живого и процессов этого уровня, осуществлением

искусственного синтеза отдельных генов и их включением в геном бактериальной клетки. Это позволило контролировать основные процессы биосинтеза в клетке, создавать такие генетические системы бактериальной клетки, которые способны осуществлять биосинтез определенных соединений в промышленных условиях. На решение таких задач ориентируется ныне ряд направлений биотехнологии. Биологическая технология определила возникновение нового типа производства - биологизированного. Примером такого производства могут быть предприятия микробиологической промышленности. Биологизация производства - это новый этап научно - технического прогресса, когда наука о живом превращается в непосредственную производительную силу общества, и ее достижения используются для создания промышленных технологий. Еще одним направлением НТР, заложившим физические основы принципиально новых информационных и коммуникационных технологий, стали исследования в области полупроводниковых наногетероструктур. Достиженные успехи в этих исследованиях имеют огромное значение для развития оптоэлектроники и электроники высоких скоростей.

Научно-техническая революция выводит человеческое общество из тупика неразрешимых противоречий. Она открывает фантастические по прежним представлениям пути развития и формы организации общества, средства реализации человеческих сил и способностей. Но вместе с новыми возможностями появляются и новые опасности. Над человечеством нависает угроза собственной гибели в результате непродуманных действий самих людей. Можно сказать, что глобальная катастрофа - это в определенном смысле антропологическая катастрофа. Первоначально научно-техническая революция охватывает сферы науки и материального производства. Революционный переворот в промышленности был вызван созданием электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и на их основе автоматизированных производственных комплексов. Произошел поворот в сторону применения немеханических технологий, резко сокративших время изготовления различных материалов и продуктов. Уровень механизации и автоматизации производственных процессов стал настолько высоким, что решение конкретных задач потребовало от любого работника, не только от инженера, но и от квалифицированного рабочего, серьезной профессиональной подготовки, современных научных знаний. По мере развертывания НТР наука становится определяющим фактором в развитии общества в сравнении с материальным производством. Научные открытия фундаментального характера приводят к появлению новых отраслей в промышленности, например производства сверхчистых материалов, космической техники. Для сравнения, отметим, что во времена индустриальной революции сначала делались технические изобретения, а затем наука подводила под них теоретическую базу. Классический пример из XIX в. - паровой двигатель. В течение 1950 - первой половины 1960-х гг. общественная мысль полагала, что главным результатом НТР выступает

появление высокопроизводительной индустрии, и на ее основе - зрелого индустриального общества. Западное общество быстро осознало те преимущества, которые несет с собой научно-техническая революция, и много сделало для ее продвижения по всем направлениям. В конце 1960-х гг. западное общество вступает в качественно новый этап своего развития. Ряд ведущих западных ученых - Д. Белл, Г. Кан, А. Тоффлер, Ж. Фурастье, А. Турен - выдвинули концепцию постиндустриального общества и стали усиленно ее разрабатывать.

В 1970-е годы энергетический и сырьевой кризисы ускорили структурную перестройку промышленности, а вслед за ней всех сфер общественной жизни, которая сопровождалась массовым внедрением наукоемких технологий. Резко возрастает роль транснациональных корпораций, что означало дальнейшую интеграцию мировых экономических процессов. Наряду с радикальными преобразованиями в экономике ускоряется глобализация информационных процессов. Создаются мощные телекоммуникационные системы и информационные сети, спутниковая связь, которые постепенно охватывают весь мир. Изобретается персональный компьютер, совершивший подлинную революцию в науке, деловом мире, печати. Информация постепенно становится важнейшей экономической категорией, производственным ресурсом, ее распространение в обществе приобретает огромную социальную значимость, ибо тот, кто владеет информацией, владеет и властью.

В начале 1990-х гг. после распада СССР и мировой социалистической системы начинаются стремительно развивающиеся процессы глобализации мира и одновременно с этим перерастание постиндустриального общества на Западе в информационное общество. Если для постиндустриального общества характерной чертой выступало заметное преобладание производства услуг над производством материальных продуктов, то информационное общество отличает прежде всего наличие высокоэффективных информационных технологий в финансовой и экономических сферах, в средствах массовой информации. XXI век - век перехода наиболее развитых стран в информационное общество. Современная научно-техническая революция является сложным, многоплановым явлением. С известной долей условности можно выделить три ее важнейших составляющих, неразрывно связанных между собой. Во-первых, научно-техническая революция характеризуется процессом интеграции науки и производства, притом такой интеграции, что производство постепенно превращается как бы в технологический цех науки. Формируется единый поток - от научной идеи через научно-технические разработки и опытные образцы к новым технологиям и массовому производству. Повсеместно идет процесс инновации, возникновение нового и его быстрое продвижение в практику. Резко усиливается процесс обновления производственного аппарата и выпускаемой продукции. Новые

технологии и новые изделия становятся воплощением все более современных достижений науки и техники. Все это приводит к кардинальным изменениям в факторах и источниках экономического роста, в структуре экономики и ее динамизме. Когда говорят о научно-технической революции, то в первую очередь подразумевают именно процесс интеграции науки и производства. Во-вторых, понятие «научно-техническая революция» включает в себя революцию в подготовке кадров по всей системе образования. Новая техника и технология требуют нового работника - более культурного и образованного, гибко приспосабливающегося к техническим нововведениям, высоко дисциплинированного, имеющего к тому же навыки коллективного труда, что является характерной чертой новых технических систем. В-третьих, важнейшей составляющей НТР является подлинная революция в организации производства и труда, в системе управления. Новой технике и технологии соответствует и новая организация производства и труда. Ведь современные технологические системы обычно базируются на взаимосвязанной цепочке оборудования, на котором работает и которое обслуживает довольно разносторонний коллектив. В связи с этим выдвигаются новые требования к организации коллективного труда. Поскольку процессы исследования, конструирования, проектирования и производства неразрывно связаны между собой, переплетаются и взаимно проникают друг в друга, перед управлением стоит сложнейшая задача - связать воедино все эти этапы. Сложность производства в современных условиях многократно возрастает, и чтобы соответствовать ему, самоуправление переводится на научную основу и на новую техническую базу в виде современной электронно-вычислительной, коммуникационной и организационной техники.

Перспективным направлением НТР в XXI столетие является биотехнология. Биотехнология - совокупность промышленных методов, использующих живые организмы и биологические процессы, достижения генной инженерии (отрасли молекулярной генетики, связанной с созданием искусственных молекул вещества, передающего наследственные признаки живого организма) и клеточной технологии. Такие методы применяются в растениеводстве, животноводстве, при изготовлении ряда ценных технических продуктов. Разрабатываются биотехнологические программы обогащения бедных руд и концентрации редких и рассеянных в земной коре элементов, а также преобразования энергии. Под биотехнологией понимают совокупность методов и приемов использования живых организмов, биологических продуктов и биотехнических систем в производственной сфере. Иными словами, биотехнология применяет современные знания и технологии для изменения генетического материала растений, животных и микробов, способствуя получению на этой основе новых (зачастую принципиально новых) результатов. Биотехнология - это биотехнические исследования, которые развиваются в связи с усилением взаимодействия биологии и технических наук, особенно с материаловедением и

микроэлектроникой. В результате чего создаются биотехнически системы, биоиндустрии и биотехнологии. В узком смысле биотехнологиями называют использование живых организмов в производстве и переработке различных продуктов. Некоторые биотехнологические процессы с древних времен использовались в хлебопечении, в приготовлении вина и пива, уксуса, сыра, при различных способах переработки кож, растительных волокон и др. Современные биотехнологии основаны главным образом на культивировании микроорганизмов (бактерий и микроскопических грибов), животных и растительных клеток. В широком смысле биотехнологиями называются технологии, использующие живые организмы или продукты их жизнедеятельности. Или можно сформулировать так: биотехнологии связаны с тем, что возникло биогенным путем. Во всём мире идёт стремительное развитие нанотехнологии в научном, техническом и прикладном плане, включая решение многих экономических и социальных задач.

Нанотехнологии составляют основу для НТР на современном этапе и призваны радикально изменить окружающий мир. Это приоритетное направление для всех имеющихся отраслей. Прогрессивное развитие нанотехнологий даст толчок для развития многих отраслей промышленности и экономики в ближайшее время. В настоящее время под термином «нанотехнология» подразумевают совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы макромасштаба. В целом фронт нанотехнологических исследований охватывает широкие области науки и техники - от электроники и информатики до сельского хозяйства, в котором возрастает роль генно-модифицированной продукции. В числе разработок - электроника и информационные технологии на основе новых материалов, новых устройств, новых условий и техники монтажа, новых методов записи и считывания информации, новых устройств фотоники в оптических линиях связи. В числе перспективных проектов - наноматериалы (нанотрубки, материалы для солнечной энергетики, топливные элементы нового типа), биологические наносистемы, наноустройства на основе наноматериалов, наноизмерительная техника, нанообработка. В наномедицине прогнозируется метод лечения не болезни, а индивидуального человека по его генетической информации.

В глобальном масштабе био- и нанотехнологии должны обеспечить постепенный переход к использованию возобновляемых природных ресурсов, включая использование солнечной энергии для получения водородного и жидкого углеводородного топлива. Биотехнологические методы открывают новые возможности в таких областях, как добыча полезных ископаемых, утилизация отходов и защита среды обитания, получение новых материалов и биоэлектроника. Особое значение имеют

бионанотехнологии в решении проблемы продовольственной безопасности страны. В условиях нарастающего ресурсно-экологического кризиса только развитие новых может обеспечить реализацию стратегии устойчивого развития, альтернативой которой в перспективе может быть только третья мировая война с применением оружия массового уничтожения.

Достижения биологии открывают принципиально новые возможности для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. Основной причиной потерь урожая являются заболевания растений, вызываемые патогенными микроорганизмами и вирусами, а также насекомые-вредители. В России потери подсолнечника от грибковых заболеваний составляют до 50%. Традиционные методы борьбы с патогенными микроорганизмами, вирусами и насекомыми-вредителями, основанные на классической селекции, неэффективны ввиду феномена автоселекции патогенных форм и рас микроорганизмов, скорость которой опережает искусственную селекцию растений. Часто новый сорт поражается новыми, неизвестными ранее расами патогенов. Эта проблема решается путем введения в геном растений чужих генов, обуславливающих устойчивость к заболеваниям. В настоящее время трансгенными сортами картофеля, томатов, рапса, хлопка, табака, сои и других растений уже засеяны площади пахотных земель, в два раза превышающих площадь Великобритании. Задача ближайшего будущего - создание сортов, устойчивых к засухе, засолению почв, ранним заморозкам и другим природным явлениям.

Вместе с тем, неизбежны и серьезные отрицательные последствия бурного биологического прогресса. Во-первых, в мире постоянно появляются новые инфекции, опасные для здоровья людей и животных, - СПИД, устойчивые к антибиотикам формы туберкулеза, губчатый энцефалит крупного рогатого скота. Во-вторых, серьезную обеспокоенность вызывает стремительное распространение трансгенных растений и полученных из них продуктов питания. Хотя науке пока не известны какие-либо отрицательные последствия потреблением продуктов, изготовленных на основе трансгенных растений, здесь необходим тщательный контроль проводимых экспериментов и внедрения их результатов в практику сельского хозяйства. Отдельную проблему представляет рост населения и развитие промышленного производства, ведущие к оскудению природы и деградации экологических сообществ. Для успешного противодействия этому процессу необходимо глубокое понимание его механизма и разработка методов контроля, восстановления и поддержания природного равновесия.

Свиньи, которым вводят гормоны роста, страдают гастритами и язвой желудка, артритом, дерматитом и другими заболеваниями, поэтому неудивительно, что мясо таких животных опасно для здоровья человека. Создание устойчивых к гербицидам культур приводит к расширению

применения этих химикалий, которые неизбежно попадают в атмосферу и системы водоснабжения в несравненно большем количестве. Кроме того, когда сорнякам и вредителям удаётся развить в себе сопротивляемость к этим новым биологическим средствам, то специалистам приходится создавать улучшенные разновидности гербицидов, тем самым совершая очередной шаг на бесконечном пути попыток подчинения и улучшения природы. Существенная опасность таится также и в углубляющемся генетическом единообразии основных видов растений. В современном сельскохозяйственном производстве применяется семенной материал, созданный по методикам генной инженерии с целью увеличения продуктивности и качества получаемых урожаев. Если, однако, ежегодно высаживаются миллиарды идентичных семян кукурузы, то все посеы становятся уязвимыми даже из-за какого-то одного вредителя или единственной болезни. В 1970 году в США неожиданное массовое поражение кукурузного листа уничтожило все посеы от Флориды до Техаса. В 1984 году новая болезнь, вызванная неизвестной бактерией, привела к гибели в южных штатах страны десятков миллионов цитрусовых деревьев. Следовательно, биотехнологическая революция, повышая урожайность, одновременно увеличивает риск дорогостоящих неудач.

Негативное влияние биотехнологий на окружающую среду проявляется и в том, что основанное на ней сельское хозяйство всячески уклоняется от кардинальных экономических реформ. Если созданы новые сорта культур, способные произрастать на засоленных почвах или в жарком и сухом климате, нелепо ожидать от фермеров и «капитанов» аграрного сектора экономики ожидания того времени, когда учёные изменят агротехнику их возделывания к этим условиям так, чтобы не создавать опасности для окружающей среды. С другой стороны, вместо борьбы с глобальным потеплением, засолением почв из-за чрезмерного осушения близлежащих болот или быстрым сведением лесов, ученые - биотехнологи изобретают новые виды растений, которые начинают «сотрудничать» с изменениями окружающей среды, вызванными человеческой деятельностью. Другими словами, высокоурожайное сельское хозяйство берёт на вооружение биотехнологию, не задаваясь вопросом о её экологической агрессивности. Создание и внедрение в повседневный рацион людей генетически модифицированных продуктов всё еще в значительной степени происходит путём проб и ошибок, но цена этих ошибок может оказаться слишком высокой. Фактически непредсказуемость воздействия генетически модернизированных организмов на окружающую среду, на человека и на животных - главная отрицательная черта биотехнологических достижений.

Подобно паровому двигателю и электричеству, в свое время преобразовавшим образ жизни людей, этот вид нанобиотехнологии, как представляется, ныне тоже открывает новую историческую эру. Она способна изменить структуру национальной экономики многих стран, сферы

приложения капитала и спектр научного знания. Она создаст новые и сделает ненужными многие традиционные виды деятельности. Поэтому следует быть готовыми к возможному превращению сельского хозяйства в отрасль, в которой миллионы крестьян и фермеров превратятся в наёмных рабочих, поскольку отпадёт необходимость в выращивании культур в естественных условиях, а сельскохозяйственные корпорации будут нуждаться лишь в производстве синтетической биомассы как сырья для промышленности, осваивающей создание искусственных семян и эмбрионов. Для потребителя такая пища, генетически запрограммированная на обычный вкус, не будет отличаться от обычной. Фермеры же всего мира воспримут такую революцию в производстве пищи неоднозначно. Им, как и ткачам, работавшим на ручных станках, или мастерам, создававшим экипажи в XIX веке, грозит превращение в излишнюю рабочую силу.

Нанотехнология обеспечит невиданные до сих пор возможности практически в любой области человеческой деятельности, включая и способы ведения войны. Неподдельный энтузиазм вызывают перспективы использования нанотехнологии в таких областях, как вычислительная техника, информатика (модули памяти, способные хранить триллионы битов информации в объёме вещества с булавочную головку), коммуникационные линии, производство промышленных роботов, биотехнологии, медицина (адресная доставка лекарственных препаратов к повреждённым клеткам, выявление повреждённых и раковых клеток), космические разработки. Однако необходимо предвидеть и возможные негативные последствия развития нанотехнологии для безопасности мира. Среди потенциальных негативных последствий развития нанотехнологий, эксперты выделяют целый ряд угроз. Опасения экспертов связаны с тем, некоторые компоненты нанотехнологических производств потенциально опасны для окружающей среды, а их воздействие на человека и среду его обитания до конца не изучено. Полагают, что такие компоненты станут принципиально новыми загрязнителями, к борьбе с которыми современная промышленность и наука будут пока не готовы. Кроме того, принципиально новые химические и физические свойства таких компонентов позволят им беспрепятственно проникать через существующие системы очистки, включая и биологические, что приведет к взрывному росту числа аллергических реакций и связанных с этим заболеваний.

Важными представляются также проблемы, связанные с миниатюризацией нанотехнологических продуктов и встающей в этой связи проблемой защиты частной жизни: появление уже не микро-, а так называемых «наномашин-шпионов» в умелых руках дает неограниченные возможности по сбору любой конфиденциальной и компрометирующей информации. Кроме того, разная степень доступности нанотехнологических приложений в медицине и иных социально значимых областях приведет к появлению новой границы раздела человечества по степени использования

нанотехнологий, что в целом усугубит и без того гигантский разрыв между богатыми и бедными. Предполагается также, что нанотехнологии повлекут изменения не только в области традиционных вооружений, но и ускорят создание ядерного оружия следующего поколения, обладающего повышенной надежностью и эффективностью при намного меньших размерах. Эксперты отмечают, что потенциально нанотехнологии способны существенно повлиять на все аспекты развития перспективных образцов вооружения и военной техники, что повлечет и существенные изменения в военной науке. Особое внимание эксперты уделяют возможностям использования нанотехнологий при создании перспективных средств химической и бактериологической войны, так как продукты нанотехнологий позволят создать принципиально новые средства доставки активных агентов. Такие средства будут намного более управляемыми, избирательными и эффективными при применении на практике. По мнению экспертов НАТО, существующее сегодня в военно-политических кругах отношение к проблеме нанотехнологий, их влиянию на военную стратегию и систему международных договоров в области военной безопасности во многом не отвечает потенциальной угрозе, исходящей от нанотехнологий.

Гуманитарные последствия создания и внедрения нанотехнологий детально изучены в работах Андрея Александровича Давыдова, доктора философских наук, главного научного сотрудника Института социологии РАН. Ему принадлежит концепция «нанообщества», которое неизбежно придёт на смену нынешнему состоянию цивилизации по мере распространения нанотехнологий [1].

За рубежом опубликовано множество научных статей и монографий, в которых активно обсуждаются проблемы будущего нанообщества, его положительные стороны и возможные риски. Создано международное общество International Nanotechnology and Society Network (INSN). В США существуют Центры «Нанотехнологии и общество». В 2005 году состоялись международные симпозиумы «Нанотехнологии и общество», «Нанотехнологии в науке, экономике и обществе», на которых обсуждались проблемы экономики, труда, образования, здравоохранения, наноэтики, государственного управления, наноправа, религии, качества жизни, национальной безопасности, рисков и тенденций развития нанообщества и т.д. Правительство Великобритании уже сформировало консультативный совет по этическим проблемам, связанным с применением нанотехнологий. В некоторых университетах США уже читаются спецкурсы, посвященные влиянию нанотехнологий на общество, специфике и проблемам нанообщества. За рубежом проводятся опросы общественного мнения [2,3] по изучению установок, ожиданий, опасений относительно развития нанотехнологий и их влияния на человечество.

Высший приоритет национальных программ развития нанотехнологии обусловлен тем революционным технологическим обстоятельством, что нанотехнологии – это совокупность методов производства объектов живой и неживой природы с заданной атомной структурой, путем целенаправленного манипулирования атомами и молекулами [3]. В частности, нанотехнологии позволяют продлить жизнь человека до 1000 лет, «выращивать» продукты питания, одежду, полезные ископаемые, изделия и т.д. из атомов с помощью ассемблеров – молекулярных наномашин (биотехнических систем), размером (одна миллиардная доля метра), способных к самопроизводству, которые могут по заданию построить любую молекулярную структуру. В этой связи Р.Меркле [4] отмечает, что нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией. Отмечает, что нанотехнологии повлияют на общество больше, чем изобретение письменности или печати. Многие футурологи, например, известный нанофутуролог Э.Дрекслер [5], предсказывают, что нанотехнологии кардинально изменят не только все сферы общества, но и сам биологический вид *Homo Sapiens*, заменив его новым биотехнологически саморазвивающимся видом - *Nano Sapiens*.

Нанообщество – это определенный тип биосоциотехнической системы, состоящей из разнородных взаимосвязанных элементов и подсистем, свойств и отношений, созданной индивидами на основе нанотехнологий, целью которой является реализация экстремальных принципов в жизнедеятельности индивидов с помощью законов и социологических алгоритмов, действующих в определенных границах. В качестве системообразующих элементов данной системы будут выступать сначала *Homo Sapiens*, а затем *Nano Sapiens*. В качестве системообразующих элементов данной системы выступают результаты (материальные и идеальные продукты) нанотехнологической деятельности *Homo* и *Nano Sapiens*. Между системообразующими и системообразующими элементами действует механизм обратной связи. Данное определение соответствует системному определению общества, что может свидетельствовать о плодотворности системной социологии для описания будущего нанообщества. Момент времени возникновения нанообщества соответствует известной закономерности сокращения продолжительности периодов времени между научно-техническими революциями по общесистемному экспоненциальному закону. Из данного наблюдения вытекает, что возникновение нанообщества не случайно, а определяется системным законом.

В настоящий момент времени расходы на научные исследования в *Nanoscale Science* (нанонауке), количество научных публикаций, патентов, количество ученых, занимающихся нанотехнологиями, увеличиваются с течением времени по степенному и экспоненциальному законам, которые являются общесистемными количественными законами роста. История показывает, что научно-технологический детерминизм вызывает у многих

людей ассоциацию с «ящиком Пандоры», вызывает негативные эмоции и ожидания, воскрешая в памяти прошлые негативные проявления научно-технических революций. В частности, известно, что при внедрении инноваций первой реакцией многих людей является действие по принципу «Сопrotивляйся новому», поиск в инновации негативных аспектов и т.д. В тоже время, меньшая часть населения будет являться «новаторами» - активно поддерживающими внедрение нанотехнологий и пропагандирующих их преимущества, часто преувеличивая возможности новых технологий и замалчивая их возможные угрозы. Данные известные закономерности поведения людей согласуются с результатами опросов общественного мнения, посвященных субъективному восприятию рисков и преимуществ развития нанотехнологий. Таким образом, имеются основания предполагать, что в субъективной оценке нанотехнологий будут наблюдаться известные когнитивные и эмоциональные психологические закономерности индивидов. В этой связи отметим, что в системной социологии одним из направлений является изучение социальных агентов, в частности, на основе когнитивной психологии, поэтому данное направление системной социологии также будет использоваться в нанообществе.

В нанообществе доминирующей отраслью хозяйства будет являться наноотрасль, которая на основе «молекулярной мануфактуры», будет способна осуществить массовое производство идентичных дешевых товаров, а некоторые традиционные отрасли хозяйства могут вообще исчезнуть. Рост доли нанотехнологий в мировой торговле между странами мира с течением времени будет, наиболее вероятно, происходить по общесистемному степенному или экспоненциальному законам. Промышленная разработка нанотехнологий сначала будет осуществляться крупными корпорациями, которые возникли в информационном обществе. Например, компания Intel уже затратила более 1 млрд. долларов на разработку нанопроцессора для компьютеров нового поколения [3]. Затем будут возникать небольшие компании, специализирующиеся на отдельных аспектах производства нанотехнологий. С течением времени рост частных инвестиций в компании, занимающиеся разработкой нанотехнологий, наиболее вероятно будет происходить по общесистемным законам роста, в частности, степенному или экспоненциальному законам. Эксперты [6,7] также прогнозируют возникновение «черного» рынка нанотехнологий и других негативных экономических явлений, наблюдаемых в информационном обществе. В целом, имеются основания предполагать, что некоторые особенности наноэкономики будут соответствовать известным закономерностям, которые действовали в индустриальном и информационном обществах. Нанотехнологии позволяют создавать различные изделия без крупных производственных мощностей и редких материалов, а размеры нанофабрик могут быть портативными, настольного размера. Данная тенденция обусловлена общесистемным принципом, действующим в технических и социальных системах, а именно, принципом минимакса, в данном случае,

минимизацией размеров изделия при одновременном увеличении функций изделия. В этой связи напомним, что принцип минимакса является одним из принципов оптимальности и обобщает экстремальные принципы, на основе которых функционирует общество. Нанотехнологии будут использоваться во многих существующих сейчас производственных технологиях, осуществляя «технологическую конвергенцию» [6,7], которая будет разрушать барьеры между технологиями, в частности, геной инженерией, медициной, информационными технологиями. Например, нанотехнологии позволят существенно развить информационное общество за счет разработки квантовых компьютеров, практической реализации Quantum Computing (квантовых вычислений), создания новых информационных сетей с большой пропускной способностью и т.д. В этом смысле, будущее nanoобщество «вберет в себя» существующее сейчас информационное общество на качественно ином технологическом уровне, что соответствует известным системным законам стадийного развития и переходных периодов в социальных системах.

Система образования будет ориентирована на потребности доминирующей nanoотрасли и потребует интеграции знаний в области физики, молекулярной биологии, химии и техники, навыков использования нанотехнологий в практических приложениях и соответственно, ориентирована на подготовку нанотехнологов, профессия которых будет максимально востребована nanoобществом. Данная закономерность соответствует известным закономерностям индустриального общества, в котором наиболее востребованными специалистами являлись инженеры и информационного общества, в котором наиболее востребованными специалистами являются программисты и специалисты по информационным технологиям.

Эксперты прогнозируют, что так же, как в индустриальном и информационном обществах, в nanoобществе разработка и внедрение нанотехнологий будет проходить в три этапа. На первом этапе, который будет относительно коротким, будет происходить международный обмен научными результатами между учеными различных стран мира с помощью открытых научных публикаций и выступлений на международных конгрессах. На втором этапе, который будет значительно продолжительнее, разработка и внедрение нанотехнологий будет происходить, преимущественно, в рамках национальных государств в условиях секретности, научной гонки и соперничества между странами мира, основываясь на том, что та страна, которая раньше овладеет нанотехнологиями, займет ведущее место в будущем nanoобществе. В этой связи некоторые эксперты, например [8], отмечают, что у правительств стран, которые быстрее овладеют нанотехнологиями, может возникнуть искушение применить их в военных целях против стран, которые еще не овладели данными технологиями. На третьем этапе развитие нанотехнологий

потребуется международной интеграции научных и промышленных достижений, что приведет к росту научной, технологической и политической кооперации между странами.

Развитие нанотехнологий увеличит индивидуализм, поскольку если в информационном обществе доминировал «свободный человек с компьютером», то в нанообществе будет доминировать «свободный человек с нанотехнологией», индивидуальные возможности которого резко увеличатся. Рост индивидуализма «свободного человека с нанотехнологией», наличие злонамеренных индивидов или небольших групп индивидов, с соответствующими знаниями в области нанотехнологии, могут привести к резкому росту глобальной угрозы человечеству. Вред от деятельности хакеров в информационном обществе, не идет ни в какое сравнение с вредом, который могут принести злонамеренные индивиды или индивиды с «комплексом Герострата» в нанообществе, используя нанотехнологии, вплоть до уничтожения всего человечества [8]. Принципиально новые возможности нанотехнологий для увеличения продолжительности жизни людей, кардинального изменения Природы, невидимого наблюдения за частной жизнью граждан, несанкционированного или даже преступного манипулирования нанотехнологиями со стороны государственных органов власти и рост индивидуализма настоятельно побуждают к разработке наноэтики, которая по оценкам специалистов, будет базироваться на некоторых системных постулатах, существующей в настоящее время биоэтики.

Опыт информационного общества показывает, что право традиционно «запаздывало» с разработкой соответствующего законодательства и правовых норм для новых информационных явлений, например, киберпреступности. Эксперты [7] отмечают, что внедрение нанотехнологий может существенно сократить период времени между возникновением большого количества принципиально новых, в том числе и негативных явлений, например, нанопреступности, несанкционированной передачи конфиденциальной информации о нанотехнологиях и т. д., которые окажутся без соответствующей правовой оценки и регламентации. В этой связи отметим, что в системной социологии [9] право рассматривается как социальная подсистема (социальный институт) действующая «с задержкой» и описывается частной системной теорией систем «с задержкой».

Перспективы развития нанотехнологий, особенно, в возможном изменении биологической природы Homo Sapiens, бросают вызов традиционным постулатам многих религий. Эксперты предполагают, что в будущем нанообществе возможны идеологические конфликты между традиционными религиями и Nanoscale Science, религиозные конфликты с новыми нанорелигиями, в основе которых, возможно, будет лежать постулат о тождестве Nano Sapiens и Бога, адаптация традиционных религий к новым

нанотехнологическим реалиям, обратное влияние религии на нанотехнологии. В этой связи отметим, что в индустриальном и информационном обществах также наблюдались некоторые похожие закономерности, что может свидетельствовать о наличии общих закономерностей взаимодействия между религией, наукой и технологиями, как подсистемами общества.

В 2000 году доходы богатых и бедных стран мира различались по оценкам экспертов ООН примерно в 70 раз. Существует также так называемая «цифровая пропасть» [10] между информационно высокоразвитыми странами и развивающимися странами, в которых информационное общество практически не создано. В этой связи отметим, что по данным ООН [11] Россия в 2003 году по уровню развития информационного общества находилась в «Полупериферии» (примерно в середине) иерархии мирового сообщества. В этой связи можно предположить, что внедрение нанотехнологий, по крайней мере, на начальной стадии развития нанообщества, приведет к еще большему неравенству между странами мира.

В последние годы Россия позиционирует себя в мировом сообществе в качестве великой энергетической державы. Однако, нанотехнологии потенциально позволяют «выращивать» на молекулярном уровне нефть и другие природные ресурсы в промышленных масштабах, по прогнозам [6] уже к 2050 году. Поэтому в обозримом будущем Россия может оказаться «ненужной» мировому сообществу, как энергетическая держава.

Соответственно, бюджет Российской Федерации потеряет значительную часть доходов от продажи природных ресурсов, что в свою очередь, приведет к снижению финансирования социальных программ, росту бедности и другим негативным социальным последствиям. Если это произойдет, то что, вместо природных ресурсов, Россия может предложить к 2050 году мировому сообществу? Если ничего важного для мирового сообщества, то Россия неизбежно окажется на периферии нанообщества.

Даже краткого перечисления некоторых принципиально новых свойств нанообщества достаточно, чтобы оценить революционность грядущих социальных изменений. Соответственно, социология также изменится, особенно, в области методологии, о чем свидетельствует развитие информационного общества. Для его изучения были созданы новые междисциплинарные науки: Computational Social Science (компьютерная социология) и E-Social Science (электронная социология). [12]. Вместе с тем, некоторые общесистемные законы возникновения и роста нанообщества хорошо описываются в рамках системной социологии [13], в частности, с помощью теории жизненного цикла социальных систем, общесистемных принципов подобия, экстремальных принципов, законов роста и т.д. Кроме

того, в системной социологии используются Quantum Computing (квантовые вычисления), социогенетика, компьютерная методология, системы искусственного интеллекта и другие направления изучения индивидов и социальных систем, которые будут использоваться в нанообществе. В этой связи имеются основания полагать, что системная социология обладает необходимыми возможностями для успешного изучения будущего нанообщества.

На основании глубокого и всестороннего анализа будущего нанообщества, блестяще выполненного А.А.Давыдовым, могут быть сделаны достаточно обоснованные прогнозы относительно социально-экономической природы этого общества. Есть основания сомневаться в том, что это общество останется капиталистическим в его традиционном понимании. Этот вывод базируется на исследованиях ряда выдающихся экономистов, политологов и социологов современности. Джордж Сорос, один из наиболее преуспевающих бизнесменов в западном мире, автор и апологет известной концепции «открытого общества», в 1998 году издал книгу под выразительным заголовком «Кризис мирового капитализма: открытое общество в опасности». Через год эта книга вышла в переводе на русский язык. Её заголовок говорит сам за себя и в комментариях не нуждается. Через три года появилась ещё одна книга того же автора [14]. В ней Джордж Сорос пишет: «Я считаю, что пропаганда рыночных принципов зашла слишком далеко и стала слишком односторонней. Рыночные фундаменталисты верят в то, что лучшим средством достижения общего блага является ничем не ограниченное стремление к благу личному. Это ложная вера, и, тем не менее, она приобрела очень много последователей. Именно она является помехой на пути к нашей цели – глобальному открытому обществу» [14, стр. 171].

В 1993 году вышла книга Збигнева Бжезинского "Вне контроля. Мировой беспорядок на пороге двадцать первого века" [15]. Уже из заголовка книги видно беспокойство автора положением дел в мире. Автор недвусмысленно констатирует надвигающийся кризис мирового капитализма. По его признанию, своей жизнеспособностью современный капитализм во многом обязан тому, что он «сумел перенять у социализма некоторые формы социальной политики» [15, стр.58]. Теперь, считает автор, «если не будут предприняты определённые меры к тому, чтобы поднять значение моральных критериев, обеспечивающих самоконтроль над обогащением как самоцелью, американское превосходство может долго не продержаться». Серьёзного внимания заслуживает и следующий прогноз автора: «Мощнейшие общественные взрывы, очевидно, произойдут в тех странах, которые вслед за свержением тоталитаризма с наивным энтузиазмом лелеяли демократический идеал, а затем поняли, что обманулись» [15,стр. 217]. Автор считает лишь вопросом времени отрицательную общественную реакцию на «демократическую практику» и на «экономические результаты свободного рынка», если они не приведут к «наглядному улучшению социальных

условий». Збигнев Бжезинский считает, что в «посткоммунистических» странах либерализм «оказался не слишком привлекательным». По его мнению, «нужны новые идеи». Не выдвигая их, автор сетует на то, что «неравенство становится всё менее терпимым». Это приводит автора к выводу: «Глобальное неравенство, по-видимому, становится ключевой проблемой политики в двадцать первом веке» [15, стр. 174-183].

В том же духе высказывается французский журналист и социолог Игнацио Рамоне. В своей книге "Геополитика хаоса" [16] он выразительно описывает подрывную роль ничем не ограниченной коммерческой свободы. Сходные взгляды высказывает знаменитый французский социолог Ален Турен, один из основоположников концепции постиндустриального общества. «Сможем ли мы жить вместе?», - ставит вопрос Турен. И даёт следующий ответ: чтобы выжить на планете, люди должны «создать и построить новые формы частной и коллективной жизни» [17].

Своеобразным откликом на реформы в России стала опубликованная в 2001 году в Нью-Йорке книга бывшего государственного секретаря США Генри Киссинджера "Нужна ли Америке внешняя политика? К дипломатии 21-го века" [18]. Главный вывод автора состоит в том, что под влиянием перемен в США и в мире за последние двадцать лет, нынешние США находятся на распутье. Что касается России, то автор, в сущности, не верит в действенность рыночных реформ. Например, он пишет: "За десять лет, последовавших за крахом коммунизма, Россия, несмотря на уговоры Запада и многомиллиардную финансовую поддержку, продвинулась к нормальной рыночной экономике не больше, чем к демократии" [18, стр. 216].

Серьёзный анализ положения в мире и в том числе в России дал бывший руководитель группы экономических советников американского президента Билла Клинтона, вице-президент Всемирного банка, лауреат Нобелевской премии по экономике за 2000 год Джозеф Стиглиц. В 2002 году он опубликовал в Нью-Йорке книгу, которая через год вышла в переводе на русский язык [19]. Автор указывает на необходимость "коллективных действий общемирового масштаба" (стр. 224). Он подчёркивает негативные последствия глобализации и настоятельную потребность направить этот процесс в управляемое русло: "Если глобализация будет и дальше развиваться таким же образом, каким она протекала раньше, если мы и впредь будем отказываться делать выводы из собственных ошибок, то она не только не сможет способствовать развитию, но будет и дальше порождать бедность и нестабильность" (стр. 248). Реформы в России в 90-е годы Джозеф Стиглиц подвергает резкой критике за отсутствие постепенности и оптимальной последовательности проводимых преобразований.

Убедительную позицию демонстрирует и американский социолог Эммануил Валлерстайн. Его книга с симптоматичным заголовком "Упадок

американской мощи: США в хаотическом мире" вышла в Нью-Йорке в 2003 году [20]. Автор без обиняков заявляет: "Запад вошёл в полосу массивного кризиса - не только экономического, но и фундаментального политического и социального. Мировой капитализм находится в кризисе как социальная система...Мы отчаянно нуждаемся в нахождении значительно более рациональной общественной системы" [20,стр.95]. Автор убеждён, что если США не сумеют "соединить эффективность с гуманизмом", то их будущее окажется под угрозой.

Тему необходимости пересмотра современного миропорядка и роли США в мире развивает Збигнев Бжезинский в новой книге "Выбор: мировое господство или мировое лидерство?" [21]. Книга написана по следам террористического акта 11 сентября в США и войны в Ираке. Автор с тревогой размышляет о возможном конце "американской эпохи". Его беспокоит нарастание неуправляемости в современном мире на фоне приумножения потенциальных угроз. Сохраняющие пока ещё силу и благополучие страны Запада уже начинают "цепенеть от страха". Автор пытается понять причину этого страха: "Слабые обладают огромным психологическим преимуществом. Им почти нечего терять, тогда как сильные могут потерять всё, и эти опасения их пугают" [21, стр. 44]. (Как тут не вспомнить знаменитый лозунг Маркса и Энгельса из "Манифеста коммунистической партии" о том, что пролетариям нечего терять в их борьбе, а приобретут они весь мир! - авторы). Бжезинский считает, что претензии Америки в мировой политике "должны быть чётко обозначены и не оборачиваться самоуправством" [21, стр. 162]. Он рекомендует Соединённым Штатам "быть более внимательными к опасностям, вытекающим из несправедливостей глобализации, поскольку это может породить всемирную реакцию в виде идеологии антиамериканизма" [21, стр. 228]. Вывод автора однозначен: Америке следует умерить свои имперские амбиции. Ей следует стремиться к роли не гегемона, а лидера. Она должна стать страной, которую не боятся, а уважают.

Из приведенного выше краткого обзора видны серьёзные опасения западных аналитиков в отношении перспектив мировой капиталистической системы. Этот пессимизм не случаен. Он объективно отражает реальные тенденции в современном мире. Он полностью подтверждается нынешним мировым финансово-экономическим кризисом. Он полностью согласуется с современной междисциплинарной общеэкономической теорией [22,23]. Фундаментальные перемены в мире капитализма - лишь вопрос времени. Подобно тому, как ранний капитализм был вынужден, во избежание гибели, преобразоваться в более цивилизованную форму современного капитализма, так и нынешняя капиталистическая система не сможет справиться с присущими ей глубокими внутренними противоречиями. У неё есть только один выход - исторически своевременная трансформация в более справедливое и гуманное общество. В такое общество, где проблема

выживания и развития человечества на фоне обостряющихся глобальных угроз получит приоритет перед сугубо эгоистическими интересами конкурирующих групп. В противном случае нынешняя система безудержного эгоизма неизбежно рухнет и похоронит под своими обломками всю цивилизацию.

Планомерное, всестороннее, бескризисное развитие в течение достаточно продолжительного времени адаптирует Россию к будущему нанообществу. Оно впитает в себя лучшие черты исторического опыта, пережитого нашим народом. В отличие от советского социализма это общество будет иметь политическую свободу, многообразие форм собственности, возможность заниматься предпринимательской деятельностью, свободу выбора профессии, свободу торговли, открытость внешнему миру и интегрированность в мировую экономику (разумную, не в ущерб национальной безопасности). В отличие от капитализма это общество будет иметь плановую систему всестороннего и устойчивого развития народного хозяйства, без регулярных разрушительных экономических кризисов. Оно будет иметь открытую и неспекулятивную финансовую систему, социальную направленность политики, общественно приемлемую степень социального расслоения, надёжные средства обуздания коррупции и экономической преступности. В этом обществе будут предприятия различных форм собственности, будет экономическая свобода и возможность продуктивной предпринимательской деятельности. Но, в отличие от того, что мы имеем на сегодняшний день, богатство будет зарабатывать умом и талантом, честным высококвалифицированным трудом и организаторскими способностями, а не добываться обманом, воровством, коррупцией, жульничеством, мошенничеством, имитацией реальной работы. В отличие от коммунизма, о котором мечтали Маркс и Энгельс и который так и не удалось построить в СССР, будущее нанообщество не будет "общественным самоуправлением". Равным образом, новое общество не будет и воплощением ультралиберальных фантазий о гражданском обществе с безбрежной демократией.

Междисциплинарный социологический анализ отвергает умозрительные доктрины о постепенном неизбежном отмирании государства как регулятора общественного развития. Научный прогноз приводит к выводу о непреходящей определяющей роли фактора государственной социально-экономической политики в общественном развитии. Это означает, что в общеисторическом процессе регулирующая роль государства не ослабевает, а усиливается. Вместе с этим изменяются регулирующие функции государства, повышаются его ответственность, эффективность и социальная направленность проводимой политики. Следует признать в равной мере ошибочными как отжившую коммунистическую доктрину о будущем общественном самоуправлении, так и либеральную мифологию о будущем гражданском обществе с безбрежной

демократией. В будущем нанообществе сохранится ключевая роль государства, но это будет новый тип государства, с обновлёнными конституционными функциями. Необходимо государство, которое обеспечивает национальную безопасность во всех её аспектах, планирует и реализует всестороннее социально-экономическое развитие страны, регулирует функционирование рынка путём координации деятельности государственного и частного секторов в общенациональных интересах, реализует в качестве главного приоритета повышение уровня жизни большинства населения, предотвращает недопустимо высокую степень социального расслоения, гарантирует основные демократические свободы и законные права личности, способствует превращению науки и культуры в факторы, определяющие дальнейшее общественное развитие. Только в таком государстве удастся решить коренные проблемы нашего развития и главную их них - демографическую. Только в таком государстве удастся победить коррупцию. Она подобно раковой опухоли разъедает нашу жизнь, становится форменным национальным бедствием, реальным препятствием для дальнейшего социально-экономического развития. Главная опасность этого явления для нашей страны даже не во взятках как таковых. Главная опасность в том, что огромная многонациональная страна, к тому же обладающая колоссальным ракетно-ядерным потенциалом, продолжает вместо производительной экономической деятельности активно заниматься спекулятивным, а то и криминальным, перераспределением материальных благ. Мы не Швейцария и не Дания. Таковую Россию никто не накормит, она в таком виде никому не нужна.

Особой заботой государства должно стать предотвращение антиобщественного использования достижений науки и техники. В мире стремительно разворачивается новый виток научно-технической революции. Применение нанотехнологий в биологии и медицине, создание новых наноматериалов и новых источников энергии, всевозможные наноразмерные устройства - всё это способно принести огромную пользу человечеству, но и причинить непоправимый вред. Создание молекулярных нанокомпьютеров откроет человечеству невиданные, поистине фантастические возможности. Человек научится вживлять эти сверхминиатюрные устройства в свои ткани и органы. Начнётся широкое внедрение в организм датчиков и других приборов. Реальные очертания приобретёт создание "искусственного интеллекта". Будущий *homo sapiens* будет качественно отличаться от нынешнего за счёт симбиоза с молекулярной электроникой, с другими продуктами высоких технологий, с интернетом. Для будущего человека станет доступна вся информация, накопленная предками, её полностью оцифруют. В его распоряжении окажутся неограниченные резервы памяти, мощные технологии вычислений и обработки данных, более надёжные оценки и прогнозы. Новые технологии можно будет использовать для коррекции психики, ограничения агрессии, блокирования боли, мобилизации сил. Не исключено, что, достигнув такого уровня, человек даже захочет и

сумеет решить проблему своего бессмертия. Будущее человечества будет решающим образом зависеть от того, в чьи руки попадут плоды научно-технической революции. Уже разрабатывается концепция будущих "нановоин", создаются новые виды "нанооружия". Легко представить себе, что произойдет, если эти научные достижения окажутся в руках безудержных эгоистов или безответственных политиканов! Конечно, представления о будущем нанообществе в настоящее время только зарождаются. Они будут совершенствоваться и приобретать более конкретные очертания по мере дальнейших социоэкономических исследований, по мере развития новой России, по мере неизбежного усиления роли российского фактора в мировой политике.

3.2. Нанотехнологии в военной технике. Глобальные угрозы и глобальная ответственность

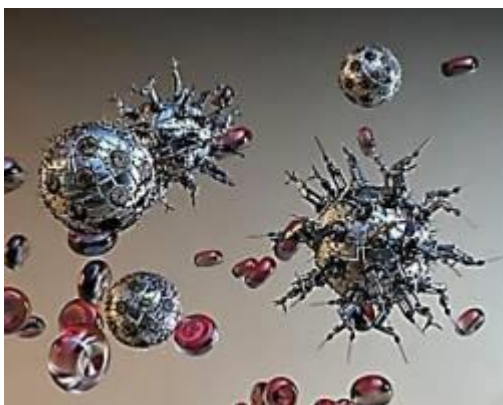
К сожалению, история повторяется: грандиозные достижения науки и техники активно используются в военном деле. Уже разрабатываются нанотехнологии для военных целей. Предлагаем для просмотра краткий видеофайл на эту тему:

<http://www.youtube.com/watch?v=tzHZkWSdRm4>

Современная геополитическая ситуация во многом опирается на систему глобального контроля вооружений. По оценкам ученых, контроль над нанооружием очень сложен. Для этого нужны универсальные устройства анализа веществ и процессов. Уже создаются машины, способные управлять атомами. Закладываются основы технологий молекулярной сборки и самосборки, а также программы их использования в электронике, связи, оптике и робототехнике.

Одна из первых военных наноразработок – «умная пыль». Эта идея позаимствована из повести Станислава Лема «Непобедимый». В ее основе лежит использование микроробота – механизма микронного размера. Один микроробот почти ни на что не способен. Но собранные в одном месте тысячи роботов образуют ударную группу, готовую действовать по воле человека. По мнению американских военных, ее можно применять, например, для поражения танков противника. Облако микророботов, несущих заряд, окутывает бронированную машину и взрывается. Хотя, видимо, по мере развития этой технологии, с подобной задачей смогут

справиться один - два микроробота, а в перспективе для таких «героев»-одиночек не будет невыполнимых задач.



«Умная пыль», состоящая из военных нанороботов

В Афганистане США уже испытали первую «умную пыль» – компьютерные микрочипы в пластиковой оболочке – микроскопические устройства-сенсоры с автономным питанием, обладающие функцией беспроводной связи. Американские военные применили несколько тысяч сенсоров для слежения за передвижением боевой техники. Хотя полноценная разведка с помощью «умной пыли» станет возможна не ранее чем через 7–10 лет, уже очевидно, что эта система обладает уникальными возможностями.

В Национальной лаборатории США еще в середине 90-х была создана модель автономного робота MARV объемом около 1 кубического дюйма. К 2000 году его размеры удалось уменьшить более чем в четыре раза. Эта крошечная машина имеет процессор с 8 килобайтами памяти, датчик температуры, микрофон, видеокамеру, химический сенсор, систему беспроводной связи. Группа таких микророботов может объединяться для решения задач под управлением центрального компьютера. Ожидается, что в будущем тысячи этих дешевых беспроводных сенсоров, размещенных в самых различных местах, будут самостоятельно объединяться в сети и работать от встроенных источников питания по несколько лет.

Благодаря потенциалу наносборки и молекулярного конструирования станет возможным создание невидимых видов вооружения, которое станет опаснее химического и биологического. В ходе военных действий армии будут уничтожать людей, а не военную технику или промышленные предприятия. Самая простая задача, видимо, будет состоять в физическом уничтожении противника с помощью микрочастиц взрывчатки. Сброшенное с беспилотного самолета облако автоматически найдет самые недоступные цели.



Наноробот на пальце – оружие будущих войн

Оборонный бюджет США на 2008 год в размере 459,3 миллиарда долларов предусматривал 110 миллионов на научно-исследовательские разработки в области нанотехнологий, которые могут иметь военное применение. В «Концепции операций вооруженных автономных систем» подчеркивается, что главная задача армии – не «выигрыш войны», а «выигрыш мира». Другими словами, военная операция должна молниеносно парализовать все сферы деятельности противника.

Национальная нанотехнологическая инициатива США была озвучена еще 2000 году. С тех пор развитие нанотехнологий стало одним из государственных приоритетов. Сегодня правительство США выделяет на нанотехнологии больше средств, чем запрашивают компании. Ежегодно – более 1 млрд. долл. К этой сумме надо прибавить и финансовые ресурсы частных фирм и фондов. Это позволяет вести nanoисследования примерно по тысяче направлений, а военные – по пяти. Среди них – технологии создания и противодействия «невидимости», энергетические ресурсы, связь, самовосстанавливающиеся системы, которые позволяют автоматически ремонтировать боевую технику, изменять ее цвет, устройства обнаружения химических и биологических загрязнений.

Применение наноматериалов в военной технике открывает новые возможности для улучшения ее прочности. Современные нанотехнологи активно работают над новыми керамическими материалами. Покрытия из нанокерамики применяются в 150 областях. Их, к примеру, используют при изготовлении валов пропеллеров, телескопических перископов и другого оборудования, которое требует особой прочности. Покрытие для прозрачных полимерных поверхностей изготавливается с применением наночастиц в растворе. При нанесении его на пластиковую поверхность образуется сверхтвердая пленка. Она защищает не только от биологических, химических реагентов, но даже от пуль.



«Наносолдат» будущего

Ожидается, что скоро одеждой солдата станет нанокостюм, который условно называют «мягкая броня». Он не только защитит от пуль, но и будет фиксировать пульс, давление, температуру и передавать эти данные в центр за сотни километров. Приказы будут отображаться на стекле защитного шлема, который станет выполнять функции бинокля и прибора ночного видения.

Разрабатывается и особая система защиты для военной техники. Она будет покрыта специальной «электромеханической краской», которая позволит менять цвет, предотвратит коррозию. С помощью системы оптических матриц (наномашин в «краске») исследователи хотят придать боевой технике эффект невидимости. На исследования «нанокраски» министерство обороны США выделяет около двух миллиардов долларов в год.



Бронемашина будущего

Военные нанотехнологии также позволяют создать устройства размером с мельчайшее насекомое, впрыскивающее яд. Естественно, вместе со средствами нападения разрабатываются и средства защиты. Так, компания NanoScale Materials Inc. предложила продукт на основе нанотехнологий, который нейтрализует токсичные химикаты. Порошок состоит из активных наночастиц, которые связывают и дезактивируют около 24 известных токсичных соединений. Американская армия уже объявила о планах массовой замены солдат роботами. Ожидается, что к 2015 году около трети военной техники США будет работать в полуавтономном режиме. А ее эффективность будет проверяться, как водится, в локальных конфликтах.

России в этот военный поход надо было идти ещё вчера. Но, возможно, мы успеем догнать и даже опередить конкурентов. Президент России Владимир Путин считает, что на это направление деятельности государство не пожалеет средств, поскольку нанотехнологии будут ключевой отраслью для создания сверхсовременного и сверхэффективного наступательного и оборонительного вооружения и средств связи. До 2015 года на развитие nanoиндустрии в России планируется выделить около 200 млрд руб. К этим ассигнованиям добавятся и финансовые ресурсы бизнес-сообщества.

Государственная программа развития нанотехнологий предусматривает создание госкорпораций. Управляющим центром стала корпорация «Роснанотех», которая по объемам осваиваемых средств, вероятно, скоро обгонит «Газпром». Приоритетные направления исследований – оборона, охрана государственной границы, защита от техногенных катастроф. Задачи развития нанотехнологий сопоставимы с проблематикой атомной и космической отраслей страны. Среди перспективных проектов называют специальные стали, оптикоэлектронику, водородную энергетику, новое медицинское диагностическое оборудование.



Защитный костюм из наноматериалов

В нашей стране есть уникальные разработки. Созданы гетеромагнитные системы, готовые к крупносерийному производству. Среди них системы на кристалле – микропроцессор 5x5 кв.мм. На этом элементе можно делать любые электронные структуры, не имеющие аналогов в мире. Например, системы высокоточного наведения, радиоэлектронной борьбы, борьбы с террором, оружие нелетального исхода, системы защиты информации, охраны объектов АЭС. Перегрузки, которые выдерживают эти системы, огромны. Они имеют память, очень малый размер и после взрыва записывают всю необходимую информацию, а также выдерживают нейтронное облучение. Особый интерес представляет прибор, который видит объекты через железобетонные стены, регистрирует траектории движения, имеет систему радиомониторинга, «видит» радиочастоты объектов. А размер его – половина кубического сантиметра.

Нанотехнологии все больше используются как технологии двойного назначения. На одном из заводов гражданской авиации лопасти вертолетов покрываются нанометаллом. Это в пять раз увеличивает срок их службы. Разрабатывается порошковая нанотехнология, позволяющая генерировать электроэнергию из любого вида органического топлива с КПД 60–70%. Это вдвое лучше существующих показателей. Нанотехнологии находят самое широкое применение при создании перспективных авиационно-космических систем, средств спутниковой связи и систем безопасности, в том числе антитеррористических. Высказано мнение, что реализация многих нанотехнологий даст значительно больший эффект, чем все атомные и космические проекты Советского Союза, вместе взятые.

Ученые предлагают применять углеродные нанотрубки, которые позволяют военной технике быть практически невидимой. За счет использования современных технологических новшеств морские корабли и авиационный транспорт в будущем, возможно, будут невидимы для радаров, так как будут поглощать различные спектры излучений. По словам экспертов, об уникальных технических характеристиках нанотрубок из углерода специалисты знают достаточно давно. Удивительные параметры таких нанотрубок совмещают высокие прочностные качества, электропроводность и способность поглощать различные виды излучений. Располагающиеся специальным способом трубки из углеродного волокна способны поглощать широкий спектр световых волн – начиная от радиоволн и заканчивая ультрафиолетовым излучением. Такая способность поглощения делает поверхность из нанотрубок практически невидимой и для радарных установок и для человеческого глаза.



Камуфляж военной техники будущего, возможно, будет включать изделия, изготовленные по технологии с применением нанотрубок

Специалисты немецкой военной компании «Rheinmetall» разработали уникальный боевой лазер, который способен уничтожать не только крупные летательные объекты, но и небольшие цели. Большая часть крупных компаний, занятых разработками боевых лазерных систем – «Raytheon», «Northrop Grumman», а также «Boeing», заняты разработками лазеров, предназначенных для уничтожения крупных объектов. Лазерная система немецкой компании способна отслеживать и уничтожать даже небольшие реактивные снаряды и беспилотные летательные средства с малыми размерами. По данным, которые озвучены экспертами в области новейших вооружений, специалисты компании «Rheinmetall» продемонстрировали действенность новой лазерной установки. Такие системы лазеров могут быть установлены на военные транспортные средства и будут поражать практически любые приближающиеся цели. Не станут для лазерного оружия помехой небольшие размеры летательных аппаратов, что раньше казалось неразрешимой проблемой. Также новые лазерные установки способны уничтожать различные взрывные устройства, устанавливаемые террористами вблизи автомобильных магистралей.



Новое немецкое лазерное оружие от компании Rheinmetall
<http://rosnanoworld.ru/2011/12/12/novoe-nemeckoe-lazernoe-oruzhie/>

Нанотехнологии позволят изготавливать портативные солнечные батареи для нужд вооруженных сил. Разрабатываются тонкие гибкие энергетические батареи, которые можно будет крепить на каску солдата, на бронежилет или другое оснащение, включая палатки и боевую технику.



Портативная солнечная батарея в виде пластины крепится на шлеме

Рост военно-технологической промышленности приводит не только к упрощению многих задач для бойца, но ещё и к увеличению нагрузки на него. Вес обмундирования может достигать до 50 килограммов. Традиционные аккумуляторы и зарядные устройства увеличили бы и без того немалую нагрузку на солдата. А без переносных источников энергии на сегодняшний день на поле боя никак обойтись нельзя. Именно поэтому легкие и миниатюрные изделия, изготовленные с применением нанотехнологий, могут сослужить здесь хорошую службу.

Нанотехнологии помогут и саперам. Создан специальный лазер, обнаруживающий взрывчатку. Американские учёные университета штата Мичиган создали специальный лазер, предназначенный для обнаружения фугаса. Фугас – это взрывчатка, зарываемая в земле, которую найти и обезвредить доставляет особые трудности. В Афганистане и Ираке фугас представляет наибольшую опасность для американских войск.



Новая бронемашина, содержащая материалы и устройства, изготовленные с применением нанотехнологий

С помощью нанотехнологий создается «наноброня» с хорошими защитными качествами и высокой гибкостью. В Нидерландах на основе эпидермиса и паутины создали натуральный бронежилет. По утверждениям авторов, их разработка в несколько раз превосходит по своим качествам современные защитные ткани.



Наноброня с высокими защитными качествами и хорошей гибкостью

Ученые стреляют в экспериментальный образец человеческой кожи. Пуля его так и не пробивает, несмотря на то, что стрельба ведется с близкого расстояния. Суперкожу выращивают в специальном инкубаторе. В нем поддерживают температуру человеческого тела — внутри живая ткань. Это идея биохимика Джалилы Эссаиди – создать замену бронежилетам. Не специальный костюм, который надо надевать, а защиту, которая эффективна всегда, даже если человек и не думает об опасности. Секрет прочности — паутина гигантского мадагаскарского паука-златопряда. Из нее плетется сверхпрочная ткань, которую потом облепляют клетки эпидермиса. Паутина оказалась идеальным натуральным материалом для таких опытов.

Человечество вступило в третье тысячелетие. Рубежное время дает повод для осмысления минувших событий, прогнозирования будущего, анализа и выявления тенденций и перспектив. Что несет человечеству начавшийся XXI век - процветание, благополучие, более комфортную и спокойную жизнь или это будет время новых вызовов и угроз, новых кризисов и катастроф, страданий и утрат? Очевидно, в той или иной мере будет присутствовать все - и хорошее, и плохое, и процветание, и разрушение. Жизнь не раскрашена одним цветом, ее палитра многоцветна. Человечество с момента зарождения волнуют проблемы безопасности. Холод и голод, ненастья и болезни, нападения воинствующих соседей, природные катаклизмы - все это делало жизнь человека полной опасностей, заставляло искать защиту у богов и идолов, считая, что именно они посылают все напасти. Но постепенно приходило понимание, что человек должен уметь защищать себя сам.

В процессе развития цивилизации люди смогли ответить на многие опасности природной стихии и общественного развития изменением образа жизни и новыми технологиями. Так, землетрясениям противопоставлены расселение людей и инженерные решения в строительстве; наводнениям - регулирование стока рек плотинами; эпидемиям - вакцинация и санитарные правила; засухам - мелиорация; болезням растений и животных - культура земледелия и животноводства; общественному хаосу - государственный порядок; тирании - либеральные ценности и завоевания демократии. Но сегодня, в начале нового тысячелетия, на следующем, более высоком витке спирали развития цивилизации нельзя констатировать, что полностью исчезли старые традиционные виды вызовов и угроз. Более того, возникли новые опасности, обострились проблемы обеспечения безопасности. Ныне угроза исходит и от тех технологий, которые человечество создавало для своего же благополучия. Эти новые угрозы увеличили риски возникновения аварий, катастроф и стихийных бедствий настолько, что проблемы обеспечения безопасности стали сейчас и на ближайшее будущее приоритетными. В связи с тем, что в XXI веке ожидается дальнейшее усиление процессов глобализации, особое внимание необходимо уделять глобальным проблемам человечества, то есть тем, что выходят за рамки одного какого-либо государства и являются заботой всего мирового сообщества.

Термин «глобализация» вошел в научный, информационный, политический, а ныне уже в обиходный оборот, во второй половине прошлого века. В начале он употреблялся, в основном, в отношении глобальных проблем человечества, а затем, с развитием экономических и других мировых интеграционных процессов, стал применяться к значительной части тенденций, существующих в мировой динамике, в жизни

и развитии цивилизации. Определяя это не вполне устоявшееся понятие, условимся под глобализацией понимать новейшую стадию давно идущей интернационализации экономического, политического и культурного взаимодействия разных стран, процессы интеграции их экономических, политических и социальных систем, а также усиливающееся глобальное антропогенное воздействие на природную среду.

В последнее время в глобализации все большее значение приобретают экономические аспекты. Поэтому некоторые исследователи, говоря о глобализации, имеют в виду лишь ее экономическую сторону. В принципе, это односторонний взгляд на сложное явление. Вместе с тем анализ процесса развития глобальных экономических связей позволяет выявить некоторые особенности глобализации в целом. Началом глобализации можно считать время, когда международная торговля переросла в международное распределение труда, стала формироваться производственная и экспортная специализация стран. В XX веке интернационализация хозяйственной жизни дополнилась вывозом капитала, появлением транснациональных корпораций. Уже к середине XX века мировое хозяйство получило невиданную раньше взаимосвязанность. Затем международное разделение труда стало перерастать в разделение производственного процесса. Торговое взаимодействие национальных хозяйств дополнилось новыми прочными узами - международной собственностью на основные производственные фонды. Таким образом, экономика каждой страны становилась все более транснациональной. Ныне государства и транснациональные негосударственные структуры взаимодействуют и соперничают друг с другом, образуя своеобразный симбиоз двух качественно различных подсистем мировой жизнедеятельности.

Процессам усиления международного взаимодействия содействовало развитие транспорта и связи - страны стали практически ближе друг к другу. Огромную роль в глобализации сыграла информационная революция. Ее вершиной стала всемирная сеть компьютерной связи - Интернет. Новейшие телекоммуникационные и информационные технологии создали наднациональные мосты, благодаря которым информация легко преодолевает физические преграды и государственные границы. К началу XXI века возник достаточно целостный глобальный организм, обусловленный уже не только международным разделением труда, но и гигантскими по своим масштабам производственно-сбытовыми структурами, глобальной финансовой системой и планетарной информационной сетью.

Глобализация экономики стала всеохватывающим саморазвивающимся процессом, своего рода цепной реакцией, которая, разветвляясь и ускоряясь, прокладывает себе путь через все препоны. Глобализация происходит и в политической сфере. Самый яркий пример тому - Организация Объединенных Наций, связавшая страны в различных областях жизнедеятельности. Множатся международные межправительственные и неправительственные организации различного назначения. Возникают межгосударственные союзы, в рамках которых в той или иной мере политически и экономически интегрируются страны. Убедительный пример этой тенденции - создание Европейского союза. Сотрудничают и множатся политические партии одного профиля разных стран.

Глобализация затронула и социальную сферу, хотя интенсивность этих процессов во многом зависит от экономических возможностей интегрируемых составных частей. Социальные права, доступные ранее населению только развитых государств, постепенно перенимаются для своих граждан и развивающимися странами. Во все большем числе стран возникают гражданские общества, средний класс, в некоторой степени унифицируются социальные нормы качества жизни. Весьма заметным явлением за последние 100 лет стала глобализация культуры на базе колоссального роста культурного обмена между странами, развития индустрии массовой культуры, нивелировки вкусов и пристрастий публики. Этот процесс сопровождается стиранием национальных особенностей литературы и искусства, интеграцией элементов национальных культур в формируемую общечеловеческую культурную сферу. Глобализация культуры явилась также отражением космополитизации бытия, языковой ассимиляции, распространения по планете английского языка как глобального средства общения и других процессов.

Как у всякого сложного явления, у глобализации появились как положительные, так и отрицательные стороны. Ее последствия связаны с очевидными успехами: интеграция мирового хозяйства содействует интенсификации и росту производства, освоению технических достижений отсталыми странами, улучшению экономического состояния развивающихся стран и т. д. Политическая интеграция помогает предотвращать военные конфликты, обеспечивать относительную стабильность в мире, делать многое другое в интересах международной безопасности. Глобализация в социальной сфере стимулирует огромные сдвиги в сознании людей, распространение демократических принципов прав и свобод человека. Список достижений глобализации охватывает различные интересы от личного характера до мирового сообщества. Однако имеется и большое количество негативных последствий. Они

проявились в виде так называемых глобальных проблем человечества. Под глобальными проблемами понимаются всеобщие, имеющие по охвату, силе и интенсивности планетарный масштаб затруднения и противоречия во взаимоотношениях природы и человека, общества, государства, мирового сообщества. Эти проблемы в неявном виде частично существовали ранее, но в основном возникли на современном этапе в результате негативного хода деятельности людей, естественных процессов и, в значительной степени, как последствия глобализации. По сути, глобальные проблемы - не просто последствия глобализации, а само выражение этого сложнейшего явления, не управляемого в основных своих аспектах. Глобальные проблемы человечества или цивилизации осознаны по-настоящему только во второй половине XX века, когда резко возросла вызвавшая глобализацию взаимозависимость стран и народов, а неразрешенность проблем проявилась особенно явственно и разрушительно. Кроме того, осознание некоторых проблем пришло лишь тогда, когда человечество накопило огромный потенциал знаний, сделавших эти проблемы зримыми.

Наличие нерешенных глобальных проблем характеризует тот высокий риск существования современной цивилизации, который сложился в начале XXI века. Сбывается предвидение Ж.-Б. Ламарка, писавшего еще в 1820 году: «Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания». Появление глобальных проблем предвидел и академик В.В.Вернадский, предупреждавший, в частности, о «геологической силе» общества, которая может иметь разрушительный характер. Ныне к глобальным проблемам привлечено всеобщее внимание международных организаций, государств, общественных объединений, ученых, простых граждан. В мае 1998 года саммит руководителей «Большой восьмерки» государств уделил этому вопросу особое внимание. Главы Великобритании, Германии, Италии, Канады, России, США, Франции и Японии на совещании в Бирмингеме (Великобритания) занимались поиском путей решения глобальных проблем, которые, как они заявили, «во многом определяют жизнь людей в каждой из наших стран». Некоторые исследователи выделяют из глобальных проблем наиболее важные - так называемые императивы - настоятельные, непреложные, безусловные требования, в данном случае - веления времени. В частности, называют экономический, демографический, экологический, военный и технологический императивы, считая их главными, а большинство остальных проблем - производными от них. В настоящее время к числу глобальных относят большое число проблем разной природы. Классифицировать их трудно по причине взаимовлияния и одновременной принадлежности к нескольким сферам жизнедеятельности.

Достаточно условно глобальные проблемы можно подразделить на следующие:

- природного характера - природных катастроф и изменения цикличности природных явлений;
 - экологические - проблемы кризиса природной среды в связи с антропогенным воздействием, вернее, целый комплекс проблем, связанных с загрязнением суши, гидросферы и атмосферы, изменением климата, истощением озонового слоя атмосферы, сведением лесов, опустыниванием, исчезновением отдельных биологических видов, имеющих своим результатом нарушение биогеохимического круговорота, ведущего к возможной экологической катастрофе;
 - техногенных катастроф (техногенной безопасности), которая имеет смешанный социально-экономический и технологический характер;
- Глобальные проблемы человечества
- социального характера - демографический императив с его многочисленными составляющими, проблемы межэтнического противостояния, религиозной нетерпимости, образования, здравоохранения, организованной преступности;
 - социально-биологические - проблемы возникновения новых болезней, генетической безопасности, наркомании;
 - социально-политические - проблемы войны и мира, разоружения, распространения оружия массового поражения, информационной безопасности, терроризма;
 - экономического характера - проблемы устойчивости мировой экономики, истощения невозобновляемых ресурсов, энергетики, бедности, занятости, нехватки продовольствия;
 - духовно-нравственной сферы - проблемы падения общего уровня культуры населения, распространения культа насилия и порнографии, невостребованности высоких образцов искусства, отсутствие гармонии в отношениях между поколениями и многие другие.

Из этой классификации ясно, что она действительно во многом условна. Ведь бедность и занятость - не только экономические, но и социальные проблемы, а перечисленные социально-политические и социально-биологические проблемы двойственны и требуют для своих групп такого же двойственного обозначения. То же можно сказать о проблеме техногенных катастроф. Она напрямую связана с вопросами проектирования, производства, эксплуатации в промышленности, энергетике, на транспорте и в сельском хозяйстве. С другой стороны, эта проблема имеет весомую экономическую составляющую, обусловленную ущербом, затратами на восстановление и упущенной выгодой. И, наконец, ее характер во многом обусловлен тяжелыми социальными и экологическими последствиями каждой катастрофы.

Характерной чертой положения дел с глобальными проблемами является рост их числа, усугубление или проявление новых, совсем недавно неизвестных угроз.

В последнее время в связи с ростом опасности крупных производственных аварий на потенциально опасных объектах (атомных электростанциях, химических предприятиях, плотинах и др.) в качестве глобальной начинает признаваться уже упомянутая проблема техногенной безопасности. Она может быть отнесена, ввиду ее много-ликости, к различным группам глобальных проблем (например, к экономическим или экологическим) или выделена в самостоятельную проблему.

Перечисленные глобальные проблемы демонстрируют широчайший спектр угроз, возникших перед человечеством на рубеже веков, рисуют тревожную картину. Нерешенность этих проблем порождает опасности, несущие серьезные угрозы цивилизации, которые могут проявляться в различных областях человеческой жизнедеятельности. Знание природы этих угроз позволяет принимать превентивные меры по снижению потенциальной опасности глобальных проблем, предотвращению возможных чрезвычайных ситуаций, обусловленных ими. В качестве примеров успешного разрешения глобальных проблем можно назвать острую для 1960-1970 годов проблему «информационного взрыва», смягченную новыми информационными технологиями, а также, в основном, решенную проблему прежних эпидемий, опустошавших ранее страны и континенты. Основная масса глобальных проблем в настоящее время своих решений не находит. Это происходит прежде всего из-за естественной и резкой ограниченности земных ресурсов, их фатальной конечности. Кроме того, радикального решения глобальных проблем найти не удастся из-за их колоссальной сложности, огромного масштаба и отсутствия в отдельных странах и у мирового сообщества в целом необходимых ресурсов и политической воли; из-за конъюнктурных животрепещущих потребностей текущей жизни, отвлекающих от более далеких перспектив; из-за противоречий между странами и неравноправия между ними; из-за рецидивов психологии «социального оптимизма». В результате даже вполне осознанные мировой общественностью опасные тенденции оказываются запущенными, достигают критического состояния и разряжаются различного рода бедствиями, формирующими чрезвычайные ситуации того или иного масштаба. Механизмы возникновения таких чрезвычайных ситуаций соответствуют природе проблем и сугубо специфичны для каждой из них. В целом можно констатировать, что нерешенные проблемы достаточно часто являются источниками чрезвычайных ситуаций.

Человечество ищет выходы из глобального кризиса. Основной существующий подход, одобренный мировым сообществом, - устойчивое

развитие. Его основная идея - оптимальное самоограничение, справедливое равноправное распределение ресурсов, остановка неограниченного роста потребления, обеспечение экологической безопасности. Однако, как всякую «прекраснодушную» идею, реализовать ее в конкурентном мире весьма затруднительно. Другой подход - концепция «золотого миллиарда». По некоторым экспертным оценкам, уровень потребления, характерный для развитых стран, достижим на Земле не более чем для 1 миллиарда человек. Этот подход подразумевает выделение «хозяев мира» - стран, управляющих миром и распределяющих ресурсы для населения, не превышающего миллиард человек. Рост потребления в странах, не попавших в это число, и их возможная экспансия ограничивается «хозяевами» всеми доступными способами. У этого подхода нет явных сторонников, но скрытые, вероятно, есть. Третий подход - «цивилизационного кризиса», подразумевающий поиск принципиально новых способов и форм приспособления человечества к миру. Существуют и другие предложения по поиску выхода из системного кризиса земной цивилизации, но оптимальный пока не найден. Тем не менее, мировое сообщество не может бездействовать в ожидании счастливого выхода. Необходима энергичная, согласованная и целенаправленная деятельность всех государств и международных организаций по противодействию нарастающему многофакторному кризису земной цивилизации, угрожающему самому ее существованию. Главное, чтобы предстоящий переход к устойчивому развитию пошел не спонтанно за счет катастрофического разрушения старого, а по разумному плану с минимальным ущербом для человечества и среды его обитания.

Важное место в производственной и научно-технической сфере постиндустриального общества занимают высокие технологии - в частности, геновая инженерия, нанотехнология, робототехника, электроника, искусственный интеллект. Ведущиеся в разных центрах крупных корпораций работы в этих областях плохо известны и слабо контролируются. Эта неуправляемая и неконтролируемая работа по созданию новых технологий и их продуктов несет миру неведомые опасности. В частности, без санкции или с санкции властей могут быть созданы наномашин (наподобие проектируемых машин для ремонта клеток), которые смогут незаметно использоваться в целях подавления населения и вооруженных сил тех стран, в которых это будет нужно владельцам нанотехнологий. В принципе речь идет о создании малозаметного оружия, основанного на нанотехнологиях. Представляется возможным такое с его помощью массовое нейровоздействие, которое, модифицируя отдельных людей, сможет изменить в нужном для заказчика направлении целые народы. Еще одна опасность социально-политического характера заключается в комбинации нанотехнологий и технологий построения искусственного интеллекта. Это позволит создать совершенные производственные роботы и

искусственных солдат. Первое чревато небывалой безработицей, второе - непредсказуемыми изменениями боевых возможностей армий и самого характера войн.

Благодаря утечкам информации в свое время были утрачены тайны производства ядерного оружия и других средств массового поражения. Они, несмотря на сопротивление мирового сообщества, распространяются в мире и могут быть доступными для террористов и криминальных кругов. С возникновением некоторых технологий, потенциально опасных при их бесконтрольном использовании, а также с созданием оружия на новых физических принципах, проблема информационного и другого доступа к ним, их несанкционированного распространения также становится весьма острой. К сожалению, существующий порядок сохранения технологических секретов делает малоэффективным контроль за созданием и распространением опасных технологий. Особенно это трудно при высоком развитии информационных сетей и повышении открытости общества. Очевидно, контроль над новыми технологиями потребует инспекционных, а то и принципиально новых видов наблюдения и проверок - подобных надзору за биологическим оружием.

Можно предположить, что в XXI веке будет расти цена ошибок в управлении технологическими процессами и опасность последствий технических сбоев в оборудовании. Такие случаи сейчас часто приводят к техногенным авариям. Можно ожидать, что последствия таких аварий будут еще более тяжелыми. Техногенные аварии могут быть связаны с выбросами гораздо более широкого ассортимента опасных химических веществ, в том числе многих новых, падением на Землю космических аппаратов, насыщенность околоземного пространства которыми постоянно возрастает, утратой огромных объемов информации в компьютерных сетях, потерей контроля над самоорганизующимися и самовоспроизводящимися роботами и т.д. Возникновение новых опасностей можно связывать и с грядущим проникновением профессиональных технологий в быт. Это уже происходит в связи с компьютеризацией, механизацией, автоматизацией работ по дому. Образцами возможных опасностей этого рода может стать множество вызовов и угроз, возникающих с самых неожиданных сторон. Например, на собственной кухне станет возможным приготовить не только самогон и отвар конопли, но и сильнодействующие синтетические наркотики. Это может привести к взрыву наркомании, когда число носителей этого порока сравняется с числом курильщиков. Постоянно расширяются возможности различных экстремистов и криминалитета в подпольном изготовлении взрывчатки, зажигательных смесей, отравляющих веществ, а также различного рода подделок - от

документов до произведений искусства. Технологические возможности, включая и роботов, которые попадут в неправедные руки, увеличат и без того огромную массу поддельных изделий. По особенно опасными явятся трудно различимые подделки жизненно важных для человека предметов и процессов - фальшивые лекарства и лечебные процедуры, поддельные средства и системы безопасности, фальсифицированные продукты питания, подложные документы и т. д.

Нежелательное широкое развитие в XXI веке может получить побочное порождение постиндустриального общества - хакерство. Уже сейчас эти диверсанты информационного фронта могут вывести из строя компьютер, переслав в него «компьютерный вирус», выведать хранящиеся в компьютерах секреты, снять деньги с банковского счета, потрясти финансы целой страны. Прогнозируется, что через три десятилетия новые компьютеры в миллион раз превысят возможности современных. На их базе станет возможным создание «думающих роботов», способных самоусовершенствоваться и воспроизводить себе подобных. Несанкционированное управление подобными объектами - хакерство будущего - будет нести еще более высокие опасности. В частности, нельзя исключить вывод роботов из-под власти людей или их самостоятельный выход из-под этой власти в результате самоорганизации. Тогда же хакеры смогут парализовать системы управления воздушным движением, нарушить управление сухопутным и водным транспортом, разрушить управление системами энерго- и водоснабжения. Таким образом, можно прогнозировать, что несанкционированный, злонамеренный доступ к компьютерным технологиям несет огромные угрозы. В связи с этим предстоит создать надежнейшие системы защиты компьютерных сетей не только от ошибок операторов, но и от злодеев, а также научиться вычислять и парализовать намерения любого компьютерного злоумышленника.

Необходимо учитывать и то, что компьютер будущего сможет давать эффективные рекомендации по оптимизации деловой и иной деятельности человека, в том числе о способах добывания успеха за счет множества других людей. Но поскольку этими возможностями будут обладать и соответствующие соперники, оппоненты, конкуренты, потребуются жесткое регулирование отношений между людьми, чтобы изначально исключить широкомасштабные злоупотребления возможностями компьютера. Это придется делать примерно так, как сейчас стремятся исключить злоупотребления оружием. Для этого предстоит сформировать в будущем особую технологическую этику. Анализ перспектив развития постиндустриального общества показывает, что на некоторой его стадии начнут стираться грани между живыми существами

и машинами - люди этого времени станут свидетелями перехода идей из области научной фантастики в современную им действительность. В частности, предсказывается появление нейроимплантантов - приспособлений, позволяющих непосредственно подключать к мозгу различные устройства - такие, как дополнительная память, обучающие программы, средства наблюдения в доселе невидимых для человека областях спектра и т.д. С их помощью удастся почти беспредельно расширить человеческие возможности восприятия мира и знаний о нем. Далее может появиться возможность регулировать физиологические процессы, психологию и интеллект. Всё это принесет невиданные блага, но одновременно породит огромные опасности для духовной жизни и организма человека, повлияет на коренные общественные отношения в среде таких индивидуумов, сформирует новые пороки.

Значительная часть научной общественности смотрит на будущее нанообщество пессимистически. Отмечают, что безудержное развитие технологий и создание «сверхумных» машин - это зло, грозящее человечеству гибелью. По мнению многих, сегодня эта угроза не менее реальна, чем ныне существующее ядерное оружие. Беда в том, что человечество вступило в новое столетие без какого-либо плана действий, не контролируя ситуацию и не имея возможности ее затормозить. Последний шанс взять под свой контроль развитие нанотехнологий стремительно приближается. Не будет преувеличением сказать, что мы находимся на пороге доведения опасности для человечества до ее экстремальной формы, потенциал которой превосходит угрозу оружия массового уничтожения. Итак, наряду с существующими угрозами, связанными с глобальными и другими нерешенными проблемами, динамика развития цивилизации несет целый ряд серьезных вызовов в будущем.

Правда, многие футурологи говорят, что человечество всегда находило выход, когда оно почти доходило до тупика. К сожалению, пока приходится утешаться только этим соображением. Но жизнь настоятельно требует более активных, разумных и скоординированных действий от народов и правительств всех стран, особенно ведущих в социально-экономическом развитии. Глобальные угрозы множатся. Больно видеть, как миллионы людей на планете живут в крайней нищете и умирают от голода, в то время как ничтожно малая доля населения купается в роскоши. Без всякого преувеличения, проблема глобального неравенства становится доминирующей в XXI веке. Без её разумного решения человечество не сможет выжить.



Голодающие дети



Терроризм



Наступление пустынь



Высыхание водоемов и эрозия почвы



Гибель лесов - лесные пожары



Вымирание животных



Разбазаривание дефицитных энергоресурсов и загрязнение атмосферы



Истощение запасов полезных ископаемых



Изменение климата



Подъем уровня мирового океана



Разрушение озонового слоя атмосферы



Размножение свалок для токсичных отходов и отравление ими грунтовых вод



Увеличение количества беженцев и неконтролируемая миграция населения

Изложенное выше показывает, что нанотехнологам есть над чем работать. Нынешний мир переживает тяжёлые времена, и нет оснований для безудержного оптимизма. Глобальные угрозы распространяются широким фронтом. Нехватка продовольствия, проблемы с энергоресурсами, истощение запасов полезных ископаемых, глобальное изменение климата, загрязнение воздуха, подъём уровня мирового океана, разрушение озонового слоя атмосферы, сокращение и поражение лесных массивов, эрозия почвы, расширение пустынь, умирание озёр, уменьшение запасов подземных вод, угроза ликвидации существующих видов животных и растений, возникновение новых свалок для токсичных отходов и отравление ими грунтовых вод - всё это реальности, которые создают угрозу сохранения жизни на Земле. По всему миру насчитываются уже миллионы беженцев. Неконтролируемая миграция представляет реальную опасность для политической стабильности и сохранения мира. Международный терроризм - лишь следствие обостряющихся глобальных проблем. С ним не справиться только военными мерами. Применение силы оправдано лишь в контексте широкой и скоординированной политики в рамках Организации Объединённых Наций. Эта организация должна стать более дееспособной. Перед ООН ныне встаёт труднейшая историческая задача, от решения которой как никогда прежде зависит само существование человечества. Необходимо организовать поворот мирового общественного сознания от безудержного эгоизма к разумному самоограничению, от безразличия к помощи, от конкуренции к координации, от конфронтации к сотрудничеству. Человечество не сможет выжить, если не научится действовать по

согласованному разумному плану. Равным образом, необходимо направить разрозненные усилия разработчиков нанотехнологий в русло коллективных действий. Только достижения науки и техники, используемые во благо человечества, а не во вред ему, дают реальный шанс предотвратить катастрофу цивилизации. Только интеграция научных знаний о природе, человеке и обществе, только совместные усилия ученых и специалистов в сферах естествознания, техники и гуманитарных наук способны выработать рекомендации по выживанию и развитию человечества. Правительства вынуждены будут все в большей мере опираться на достижения передовых научных направлений. Научно обоснованный прогноз неизбежно должен приходиться на смену голому эмпиризму. Альтернативы этому нет.

3.3. Россия в развивающемся наномире

В непрерывно развивающемся мире России, позднее других стран приступившей к разработке нанотехнологий, предстоят сложные задачи. Большую роль в развитии науки в России и мире сыграл вице-президент РАН, руководитель отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, председатель Санкт-Петербургского физико-технологического научно-образовательного центра РАН Жорес Иванович Алфёров. Он был одним из первых, кто фактически занялся нанотехнологиями – за разработку полупроводниковых гетероструктур и создание быстрых опто- и макроэлектронных компонентов Ж.И. Алфёрову присуждена Нобелевская премия по физике 2000 г. Эти изобретения – одни из основных, благодаря которым стало возможным создание современного информационного общества. На их основе построены оптические системы хранения и передачи информации, без которых невозможно представить современную компьютерную технику, сотовые телефоны и многие другие технические достижения. Сегодня Жорес Иванович продолжает заниматься развитием созданных им технологий, ведет активную работу по воспитанию нового поколения высококвалифицированных ученых. Для чего им был основан Санкт-Петербургский физико-технологический научно-образовательный центр РАН. Ж.И. Алфёров рассказал журналистам «Российских нанотехнологий» о перспективах развития в РФ своей отрасли и нанотехнологий в целом.



Жорес Иванович Алферов

В одном из интервью вы говорили, что без полупроводниковых электронных компонентов Россия не может быть великой державой. С тех пор прошло несколько лет. За эти годы произошли какие-то серьезные положительные изменения в области производства в стране микроэлектроники?

Изменения в положительную сторону произошли, но небольшие и не решающие. Среди таковых – возрождение производства в Зеленограде на заводе «Микрон» в АФК «Системе». Это предприятие – наиболее современное в России, но, увы, не в мире. Изготовление кремниевых электронных компонентов, чипов на «Микроне» все же достигло хорошего уровня. Развитие кремниевой микроэлектроники основывается на топологическом размере кремниевой интегральной схемы. Когда-то самые первые интегральные схемы, сделанные Джеком Килби и Робертом Нойсом на пластине площадью в $1.5-2 \text{ см}^2$, содержали всего несколько транзисторов и цепочек. 20 лет назад основные топологические размеры составляли 0.8 мкм – уже сотня тысяч транзисторов на одном чипе. Сегодня производство уже вышло на уровень 45 нм , хотя всего 6-7 лет назад рекордный размер транзистора равнялся 100 нм . На «Микроне» производство пока крупномасштабное, но уже в размере 180 нм .

В свое время специалисты немецкой компании M+W Zander предлагали мне построить в России завод интегральных схем с топологическим размером в

0.1 мкм и подложкой в 300 мм. Я обратился с соответствующим письмом к президенту страны, он направил мое предложение премьер министру Михаилу Касьянову, который распределил его по министрам – и выгодная сделка была упущена. Немцы хотели в счет их затрат получать 25 % продукции, чтобы выйти с ней на мировой рынок. От России требовались лишь финансовые гарантии и вложение примерно 10-15 % средств от 2 млрд долларов, общей стоимости проекта. Я думаю, что если бы правительство приняло это предложение, у нас уже существовало крупномасштабное производство на 90 нм. На современном «Микроне» рассматривается продвижение на следующий шаг после 180 нм – на 90 и 45 нм. Но мы отстаем на десятилетия. В России есть научный задел в оптоэлектронике, СВЧ-транзисторах. Эти области основаны на исследованиях полупроводниковых гетероструктур, за которые наш коллектив получил Нобелевскую премию. Огромный задел есть в Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе РАН (ФТИ), и в Санкт-Петербургском физико-технологическом научно-образовательном центре РАН (НОЦ), и в ряде институтов Москвы, и в Нижнем Новгороде. В стране возникла научная школа – мощная, разветвленная, развитая.

В советское время у нас было крупное производство, сегодня оно частично сохранилось на небольших фирмах. Например, НИИ «Полюс» имеет несколько небольших компаний, которые производят полупроводниковые лазеры и другие компоненты.

Одна из самых больших трагедий для нашей страны произошла, когда мы практически потеряли электронную промышленность Советского Союза. Было отставание по некоторым позициям, прежде всего, по кремниевым интегральным схемам, но это отставание составляло 3-5 лет. Во многих других областях: в гетероструктурах, оптоэлектронике – мы часто начинали производство раньше, чем за рубежом. Предприятия электроники были во всех республиках страны, но они в значительной степени базировались на мощной технологической базе, которую создали в Белоруссии. Я имею в виду компанию «Планар». Инициатором ее создания был талантливый инженер в области микромеханики Е. Онегин, которого я хорошо знал. Наши специалисты создали институт, конструкторские бюро, производство в Минске, большое количество предприятий в Белоруссии, России, Прибалтике. Однажды в 80-х министр электронной промышленности СССР В.Г. Колесников сказал мне: «Жорес Иванович, вы знаете, я сегодня проснулся в холодном поту». Я переспросил: «А что случилось?». – «Мне приснилось, что нет “Планара”. А если нет “Планара”, то нет и электронной промышленности страны», – ответил он, потому что «Планар» обеспечивал производство литографического оборудования на мировом уровне. Белоруссия сохранила «Планар», но его мощность совсем не та без соответствующих филиалов и предприятий, а уровень продукции не соответствует мировому. Он выжил и работает благодаря тому, что

поставлял оборудование китайцам. «Планар» делал технологическое оборудование, необходимое, чтобы организовать в стране кремниевое производство. И это оборудование было на мировом уровне, но существенно дешевле импортного. Полупроводниковая электроника была и сегодня остается сердцем развития электронной промышленности в целом. И такие западные компании, как Intel, определяют технологический и технический прогресс в микроэлектронике – направлении науки и техники, которое привело к созданию постиндустриального общества, к развитию информационных технологий. Не имея доступа на мировой рынок, мы вынуждены были «изобретать велосипед» и все делать сами. Теперь многое можно купить, но это не означает, что мы должны ориентироваться на покупку электронных компонентов и не делать их самостоятельно.

Сейчас многие научные коллективы сотрудничают с иностранными фирмами. Насколько нам известно, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, например, сотрудничал с Samsung. Получается, что разработки наших ученых уходят за рубеж?

Развитие электроники на современном технологическом уровне – стимул и для проведения фундаментальных исследований, потому что электронная промышленность – это заказчик научных исследований и в Академии наук, и в исследовательских лабораториях. Когда такого заказчика нет внутри страны, то результаты наших исследований потребляются, прежде всего, не у нас, а за рубежом.

С Samsung мы установили отношения в 1990 г. Еще во времена Советского Союза компании Daewoo и Samsung пригласили меня в Южную Корею. Мы познакомились и увидели, что можем во многом сотрудничать. Тогда Samsung заказал нам исследования в области полупроводниковых лазеров. Этот заказ в самый тяжелый период сыграл большую роль в сохранении тематики и занятости сотрудников в институте, потому что по тем временам предоставлял нам существенное финансирование. Но даже в этом конкретном случае распад Советского Союза сыграл огромную отрицательную роль. Летом 1991 г. в Сеуле мы обговорили с компанией Samsung договор на сумму 3 млн долларов о проведении исследований в области полупроводниковых лазеров. По тем временам, деньги были очень большие. Мы договорились, что торжественно подпишем договор в Ленинграде под Новый год, а в начале декабря Советский Союз перестал существовать. В результате представители компании Samsung приехали к нам с проектом договора на полмиллиона долларов. Я у них спросил: «Простите, мы же договаривались на три!» Ответ был такой: «На три мы договаривались, когда был СССР, и большую часть нам давало правительство для развития работ. Сегодня СССР нет, правительство свои деньги забрало. У нас остались полмиллиона от компании». Я сказал: «Хорошо, мы подпишем на полмиллиона, но содержание договора будет

другим. То, что мы собирались делать на 3 млн, мы уже делать не будем, и выполним вам определенный круг работ на эту сумму». В 1992 г. эти полмиллиона долларов были для нас очень кстати.

Президент и правительство России придали нанотехнологиям статус национальной приоритетной программы как основе инновационного развития нашей страны. Создана госкорпорация РОСНАНО. Как вы оцениваете роль нанотехнологий для развития государства?

Я – один из людей, которые считают, что нанотехнологии нужно развивать в России, и они станут базой для создания у нас высоких технологий в целом. Недаром я согласился в Академии наук перейти из физического отделения в отделение информационных технологий, причем его мы переименовали и создали новую секцию нанотехнологий. Существует много направлений в нанотехнологиях: материаловедческое направление, которое включает и полупроводниковые материалы, углеродные нанотрубки и материалы, наноструктуры, получение высокоэффективных катализаторов, получение новых материалов. В России проведены интересные исследования в разных областях. Например, очень хорошие работы по графену выполнены в Институте проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН в Черноголовке. Я считаю, что основа нанотехнологий в целом – фундаментальные исследования. Научные школы в России пока еще существуют и работают. Чрезвычайно важна активная финансовая и идеологическая поддержка научных исследований по нанотехнологиям в институтах и лабораториях Академии наук, научных центрах и даже в частных компаниях, появившихся в последнее время.

Существует мнение, что поскольку деньги, которые выделены правительством, весьма ограничены, то их нужно потратить только на те области нанотехнологий, которые можно быстро внедрить в производство. Среди основных направлений часто выделяют производство нанопорошков. Как вы это прокомментируете?

Нанопорошки существуют много десятилетий – это и нанопорошковая технология, и нанопорошковая металлургия, и много других направлений. Я думаю, что в наши дни увлечение нанопорошками – в значительной степени дань моде.

Нанотехнологии возникли из фундаментальных исследований, когда переход к наноразмерам породил принципиально новые свойства вещества. Классическим примером в этом отношении являются полупроводниковые гетероструктуры – когда переход к размеру активной области в десятки и сотни ангстрем в лазере, в светодиоде, в целом ряде других приборов

приводит к появлению новых свойств, структур с низкоразмерным электронным газом: квантовых ям, квантовых проволок и точек.

Основа нанотехнологии – создание материалов, структурированных с атомной точностью, когда вы укладываете атом к атому и получаете совершенно новые свойства! Поэтому наиболее быстро развивающиеся нанотехнологии – это технологии молекулярной и газотранспортной эпитаксии с использованием процессов самоорганизации для получения квантовых точек, фуллеренные и наноуглеродные технологии. Задача нанотехнологий заключается именно в получении материала. Мой хороший знакомый, японский физик Лео Эсаки, получивший Нобелевскую премию в 1973 г. и занимавшийся нанотехнологиями, гетероструктурами и сверхрешетками, дал прекрасное определение наноматериалам: «man made crystals», т.е. кристаллы, сделанные человеком, в отличие от материалов, которые существуют в природе. Их он назвал «God made crystals» – сделанные Богом. Кристаллы, сделанные человеком, представляют собой материалы, которых нет в природе. Есть много искусственных кристаллов, но в природе существуют их аналоги. Гетероструктуры, вискеры – это материалы, не имеющие природной замены, у которых иные свойства, и рождаются эти иные свойства из технологии, когда мы укладываем атом к атому с высочайшей точностью. Основой развития современного материаловедения можно считать именно нанотехнологии, позволяющие создавать новые классы материалов, не только полупроводниковых, но и других.

Нанотехнологическая инициатива в США родилась из доклада Конгрессу профессора Ричарда Смолли, одного из соавторов открытия фуллеренов. Это был хороший способ получения средств на развитие научных и технологических исследований под большим и красивым лозунгом.

Для исследования наномира требуется другая диагностика. Она рождалась, когда слово «нано» употреблялось еще не очень широко. Электронная, туннельная и атомно-силовая микроскопия – основные методы исследования наноструктур, родившиеся в начале 80-х гг. Нобелевская премия 1986 г. вручена именно за диагностику наноструктур. Поэтому и в Российской Академии наук разработали программу фундаментальных исследований, подчеркивая их чрезвычайную важность как основы развития всей системы нанотехнологии. Я недавно был в Китае, где открывал форум нобелевских лауреатов, посвященный развитию информационных технологий и инновационному развитию Китая, и посвятил одну из своих лекций подготовке кадров в области наноиндустрии и нанотехнологии. Я начал с такого примера: в истории XX столетия было два полностью инновационных проекта, в которых родились принципиально новые технологии. Сначала было неясно, могут ли они осуществиться и каким способом. Но оба проекта успешно реализованы и изменили лицо планеты. Это Манхэттенский проект

в США и создание атомного оружия в СССР – инновационные проекты гигантского масштаба. И решающим для их успеха было не огромное финансирование. Их победа связана с кадрами, трудившимися над их выполнением.

Успех американского Манхэттенского проекта определил Адольф Гитлер, вынудивший многих ученых перебраться из Европы в Америку. Все ученые, трудившиеся над созданием американского ядерного оружия, занимались до этого фундаментальными исследованиями в области ядерной физики.

Успех советского проекта определил Абрам Фёдорович Иоффе, который непосредственного участия в создании бомбы не принимал, но он вырастил советскую физическую школу. Этому способствовало постановление правительства 1945 г., резко повысившее зарплату для научных сотрудников и профессорско-преподавательского состава. Приоритет фундаментальных исследований и подготовки кадров предопределил положительный результат работ по созданию советской ядерной бомбы. Тогда в разрушенной войной стране создали новую индустрию и новые методы.

Поэтому и для прорыва в области нанотехнологий поддерживать нужно, прежде всего, фундаментальные исследования и подготовку высококвалифицированных исследовательских кадров.

Подготовка кадров – одна из задач, которую решает Санкт-Петербургский физико-технологический научно-образовательный центр РАН, который Вы возглавляете. Но ведь молодых специалистов мало обучить, их нужно удержать в отрасли внутри страны. Как это сделать?

Чтобы их удержать, нужно выполнение нескольких условий. Одно из них совершенно естественное: должны быть условия для научной работы и внедрения получаемых результатов. Необходимо достаточное финансирование исследований, современное оборудование, близкое по мощности к производственному. Но еще важно, чтобы результаты исследований были востребованы экономикой. Сейчас США, Япония, частично Китай и некоторые другие страны живут в постиндустриальном информационном обществе. В России высокотехнологическую индустрию, созданную за многие десятилетия, мы разрушили. Поэтому у нас теперь тоже постиндустриальное общество.

Научное сообщество уже многие столетия интернационально по своей природе, и наука границ не имеет. А технологии, различные применения науки имеют национальные границы. Сейчас у нас есть доступ к индустриальным достижениям Запада, но чтобы эффективно их использовать, мы должны создавать свою индустрию.

Главная проблема – в кадрах появился разрыв в поколениях. Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН занимался работой с детьми в профильном лицее, обучал студентов соответствующего факультета Санкт-Петербургского Политехнического института (позднее университета), поэтому в Физтехе этот разрыв был меньше, чем во многих других учреждениях, но и от нас уезжали.

Уезжать ученые будут всегда. Из Советского Союза не уезжали, потому что не разрешали уезжать. Теперь у нас свобода, демократия. Из Европы в послевоенные годы ученые в большом числе уезжали в Америку, где были лучше условия. Важно, каков масштаб этого отъезда. Отъезд с возвращением, отъезд, который приводит к научному обмену, если не нарушается «критическая масса» научных сотрудников в стране, играет отрицательную роль, но последствия этого можно преодолеть. А когда количество отъезжающих нарушает баланс научных сил, то последствия могут быть необратимы. Надо отметить, что произошла утечка мозгов не только на Запад, но и в коммерцию, в бизнес-структуры.

Вся современная наука молодая, ей 300 лет, она ровесница Санкт-Петербурга. Наша страна сыграла огромную роль в развитии многих отраслей науки и может играть ее снова. Но для этого нужно добиться, чтобы наши научные результаты были востребованы у нас дома.

В Советском Союзе существовали крупные научные коллективы, проектные и отраслевые институты, которые могли реализовывать сложные и многогранные проекты. Сейчас многие специалисты считают, что беда нашей науки в том, что таких крупных институтов практически не осталось, сохранились небольшие научные группы, которые не способны в одиночку проводить серьезные научные исследования. Согласны ли вы с этим, необходимо ли возрождать крупные отраслевые институты?

Отраслевую науку, безусловно, нужно возрождать. Многие крупные промышленные лаборатории и институты перестали существовать в силу определенных политических условий, и это плохо. Но произошли и некоторые изменения в мировом научном сообществе: теперь, благодаря развитию микроэлектроники, hard и soft way вместе, обмен информацией стал намного мощнее. В старые добрые времена обсудить новую идею можно было в коридорах одного института. Сейчас, работая в небольшой лаборатории, я могу использовать обмен электронной информацией. Это нужно иметь в виду. Но персональное взаимодействие все равно играет очень большую роль, именно поэтому мы под одной крышей НОЦа собрали студентов, школьников и научные лаборатории. Но, с другой стороны, идеология больших комплексных институтов должна меняться в конкретной

ситуации. Появились новые формы исследований, небольшие компании, дизайн-центры, и этим нужно пользоваться.

Рождение по-настоящему новых вещей возможно, когда существует непосредственная связь между лабораторией, которая ведет фундаментальные исследования, и некой группой или группами, которые занимаются приложением этих фундаментальных исследований. Готовая технология осваивается в опытном производстве, а затем в крупном. Внедрение изобретений – это не просто передача документации, готовой технологии. Новые открытия порождают в каждой области новую научную идеологию, начинается процесс обучения этой новой идеологии ученых, которые занимаются практическими приложениями. Американцы очень многое сделали для развития этого пути. Огромную роль сыграли несколько крупных компаний в США – это Bell Telephone, IBM, General Electric. У нас разработки, идеи, открытия рождались в крупных организациях: ФИАНе в Москве, Физтехе в Ленинграде, и в ограниченной области – в Курчатовском институте. Инновационное развитие советской промышленности обеспечивалось учеными из Академии наук: Курчатовым, Харитоновым, Зельдовичем. Академическая наука в промышленном производстве играла огромную роль. Позже роль фундаментальных исследований стала снижаться. Уже в Минэлектронпроме роль Академии наук была ослаблена, что сыграло отрицательную роль.

Президент России Дмитрий Медведев констатировал, что деньги, выделенные на инновационные проекты, не осваиваются. Что вы думаете по этому поводу, как можно исправить ситуацию?

Это слишком раннее заявление. Деньги стали выделять не так давно. Чтобы получить конкретный результат от вложения средств в науку, необходимо некоторое время. К сожалению, и у нас, и на Западе главной проблемой стало не то, как решить задачу, а как достать деньги. Начинается «распиливание» средств, которые выделяют инвесторы. Поэтому очень важно в Правительстве РФ, корпорации РОСНАНО точно определить: какие задачи мы должны решить для того, чтобы нанотехнологии заняли место в производстве и принесли прибыль. Если мы решаем задачу, как распилить деньги, то вряд ли получим полезные результаты. Не успевают освоить финансирование еще и потому, что средства приходят во второй половине года из-за бюрократических проволочек.

Нужно ли развивать поддержку конкретных ученых с помощью различных государственных и частных премий? Считаете ли вы такой способ эффективным?

Конечно, премия – хорошая вещь! В мире их существует много, особенно в США. Сказать, что премии будут определять научно-технологический

прогресс, нельзя, но все равно это хорошая поддержка ученым. 27 ноября в Научно-образовательном центре пройдет выездное заседание Президиума Санкт-Петербургского Научного центра РАН, на котором мы вручим премию «Алфёровского фонда поддержки образования и науки». Эту премию у нас получали молодые ученые. Первым лауреатом стал Михаил Дубина, который сейчас избран членом-корреспондентом РАН. Вручение премии сопровождается лекциями для школьников и студентов. Это очень полезно для пропаганды науки и технологии.

Из приведенного выше интервью с академиком Алфёровым видно, насколько объемные и сложные проблемы стоят перед нашей страной. Она обязана решить их в исторически короткий срок, чтобы не оказаться в ряду слаборазвитых стран. В наиболее развитых странах осознание ключевой роли, которую уже в недалеком будущем будут играть результаты работ по нанотехнологиям, привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки. Так, в 2000 г. в США принята приоритетная долгосрочная комплексная программа, названная Национальной нанотехнологической инициативой и рассматриваемая как эффективный инструмент, способный обеспечить лидерство США в первой половине текущего столетия. К настоящему времени бюджетное финансирование этой программы увеличилось по сравнению с 2000 г. в 2,5 раза и достигло в 2003 г. 710,9 млн долл., а на четыре года, начиная с 2005 г., планируется выделить еще 3,7 млрд долл. Аналогичные программы приняты Европейским союзом, Японией, Китаем, Бразилией и рядом других стран.

В России работы по разработке нанотехнологий начаты еще 50 лет назад, но слабо финансируются и ведутся только в рамках отраслевых программ. К настоящему времени назрела необходимость формирования программы общегосударственного масштаба с учетом признания важной роли нанотехнологий на самом высоком государственном уровне. Широкомасштабное и скоординированное развертывание на базе существующего задела работ в области нанотехнологий позволит России восстановить и поддерживать паритет с ведущими государствами в науке и технике, ресурсо- и энергосбережении, в создании экологически адаптированных производств, в здравоохранении и производстве продуктов питания, уровне жизни населения, а также обеспечит необходимый уровень обороноспособности и безопасности государства.

Нанотехнологии могут стать мощным инструментом интеграции технологического комплекса России в международный рынок высоких технологий, надежного обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции. Разработка и успешное освоение новых технологических возможностей потребует координации деятельности на государственном уровне всех участников нанотехнологических проектов, их всестороннего обеспечения (правового, ресурсного, финансово-экономического, кадрового),

активной государственной поддержки отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Формирование и реализация активной государственной политики в области нанотехнологий позволит с высокой эффективностью использовать интеллектуальный и научно-технический потенциал страны в интересах развития науки, производства, здравоохранения, экологии, образования и обеспечения национальной безопасности России.

Анализ мирового опыта формирования национальных и региональных программ по новым научно-техническим направлениям свидетельствует о необходимости выявления некоторых ключевых проблем в области разработки наноматериалов и нанотехнологий.

Первая проблема - формирование круга наиболее перспективных их потребителей, которые могут обеспечить максимальную эффективность применения современных достижений. Необходимо выявить, а затем и сформировать потребности общества в развитии нанотехнологий и наноматериалов, способных существенно повлиять на экономику, технику, производство, здравоохранение, экологию, образование, оборону и безопасность государства.

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

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

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

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

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

Седьмая проблема - создание финансово-экономического механизма формирования оборотных средств у институтов и предприятий-разработчиков наноматериалов и нанотехнологий, а также развитие инфраструктуры, обеспечивающей поддержку инновационной деятельности в этой сфере на всех ее стадиях - от выполнения научно-технических разработок до реализации высокотехнологической продукции.

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

Для выработки и практической реализации необходимых и достаточных мер в области создания и развития нанотехнологий должна быть сформирована государственная политика, которая, в свою очередь, должна рассматриваться как часть государственной научно-технической политики, определяющей цели, задачи, направления, механизмы и формы деятельности органов государственной власти Российской Федерации по поддержке научно-технических разработок и использованию их результатов.

К необходимым мерам прежде всего необходимо отнести следующие: разработку и реализацию материально-технического обеспечения работ в области нанотехнологий с максимальным учетом возможностей кооперации в использовании уникального сверхдорогостоящего научного и экспериментально-исследовательского оборудования; подготовку, повышение квалификации, привлечение и закрепление кадров (прежде всего молодых специалистов) в области нанотехнологий для их использования в научной и промышленной сферах; изучение рынка наукоемкой продукции в части нанотехнологий с использованием методов прогнозирования и

технико-экономической оценки; анализ современного состояния научно-исследовательских работ фундаментального и прикладного профиля в соответствии с общими отечественными и мировыми тенденциями в развитии данного направления, а также результативности законченных исследований и их дальнейшей перспективности; определение приоритетных ориентированных направлений в области нанотехнологий, результаты которых могут быть использованы в ближайшее время, среднесрочной и дальней перспективе, а также в фундаментальных и поисковых исследованиях; разработку и использование системы координации и кооперации проводимых исследований в области нанотехнологий; создание и использование экспертных систем и баз данных как информационного возобновляемого ресурса в области последних достижений, связанных с разработкой и применением нанотехнологий в стране и за рубежом; отработку систем взаимодействия государства с предпринимательским сектором экономики в целях формирования рынка нанотехнологий, привлечения внебюджетных средств для проведения исследований и организации соответствующих производств; разработку мер по активизации участия бюджетных и внебюджетных фондов и частных инвесторов на всех стадиях разработки и освоения нанотехнологий; разработку системы мер по организации эффективного взаимовыгодного международного сотрудничества в области исследований и практического использования нанотехнологий.

Литература к разделу 3

1. А.А.Давыдов. В преддверии нанообщества. «Социологические исследования», 2007, №3, стр. 119-125.
2. Bainbridge W. Public attitudes toward nanotechnology//Journal of Nanoparticle Research, 2002, №4, P. 461-470.
3. Cobb M., Macoubrie J. Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust//Journal of Nanoparticle Research, 2004, №6, P. 395-405.
4. Merkle R.C. Nanotechnology: It's a Small, Small, Small, and Small World. 2000. <http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/merkle.html>
5. Drexler E.K. Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. N.Y: Anchor Books, 1986.
6. Treder M. Nanotechnology and Society: Times of Change//Center for Responsible Nanotechnology, 2004 <http://www.CRNano.org>
7. Miller J., Serrato R. The Handbook of Nanotechnology: Business, Policy and Intellectual Property Law. N.Y: Wiley, 2004.
8. Altmann J. Military Nanotechnology: New Technology and Arms Control. N.Y.: Routledge, 2006.
9. Давыдов А.А. Системная социология. М.: Эдиториал УРСС, 2006.

10. Human Development Report. 1999. Globalization with a Human Face. N.Y.: UN, 1999.
11. Human Development Report 2005. International cooperation at a crossroads: Aid, trade and security in an unequal world. N.Y.: UN, 2005.
12. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем. М.: Эдиториал УРСС, 2005.
13. Давыдов А.А. Системная социология - социология XXI века? //Социологические исследования, 2006, №6.
14. Дж. Сорос. Открытое общество. Реформируя глобальный капитализм. Пер. с англ. – М., 2001.
15. Zbigniew Brzezinski. Out of Control. Global Turmoil on the Eve of the Twenty First Century. - New York, Charles Scribner's sons, 1993.
16. Ignacio Ramonet. Geopolitique du Chaos. - Paris, "Galilee", 1997.
17. Alain Touraine. Pourrons-nous vivre ensemble? - Paris, "Edition Fayard", 1997, p.30.
18. H.A.Kissinger. Does America Need a Foreign Policy? Toward a Diplomacy for the 21st Century. - New York and London, "Simon and Schuster", 2001.
19. Дж .Стиглиц. Глобализация: тревожные тенденции. Пер. с англ. - М., "Мысль", 2003.
20. Emmanuel Wallerstein. The Decline of American Power. The U.S. in a Chaotic World. - "The New Press", 2003.
21. Zb. Brzezinski. The Choice. Global Domination or Global Leadership? - New York, "Basic Books", 2004.
22. В.Ш.Фельдблюм. К общеэкономической теории через взаимодействие наук. - Ярославль, Типография Ярославского государственного технического университета, 1995.
23. Владислав Фельдблюм. Вторжение в незыблемое (путь химика в политическую экономию). - Ярославль, Издательство "Ещё не поздно!" ООО НТЦ "Рубеж", 2007.

Перечень использованных сайтов

www.innocentive.com — Публикации инновационных фирм о научных проблемах, требующих решения, и о размерах премий за это. Глобальный научный центр «Inno-Centive» дает возможность любому ученому, используя Интернет-технологии, проводить исследования для заинтересованных фирм, не уезжая из своей страны.

www.nanoindustries.com — Общие сведения о наноразмерных объектах и нанотехнологиях.

www.nano.org.uk — Сайт Института нанохимии и нанотехнологии в Великобритании, содержащий сведения об учёных и их трудах в этой области. В частности, приводятся данные по нанометрологии и соответствующим измерительным устройствам.

www.merkle.com — Сведения о достижениях по компьютерному моделированию и проектированию нанообъектов.

www.nanotechweb.org — Сайт Всемирной службы по нанотехнологиям.

www.nanozine.com — Статьи о наноматериалах, нанотехнологиях и их применению.

www.research.ibm.com/nanoscience — Данные о нанотрубках и других нанопродуктах исследовательского центра фирмы IBM.

www.nano.gov — Информация о подготовке специалистов по нанохимии и нанотехнологии в различных университетах.

www.pnas.org/ — Сайт американского журнала «Proceedings of National Academy Sciences USA (PNAS)» со статьями о дендримерах, нанохимии и супрамолекулярной химии.

<http://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/cc> - Сайт журнала “Chemical Communications”, принадлежащего Королевскому химическому обществу Великобритании (The Royal Society of Chemistry – RSC). Сообщения по нанохимии и наноматериалам.

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/504105/description#description — Сайт журнала «Synthetic Metals», издаваемого издательством «Elsevier», публикующего сообщения по синтетическим металлам, их получению, строению, свойствам и применению в нанотехнологиях.

<http://www.techportal.de/de/b/2/start,public,start/> — Сайт Министерства образования и науки Германии (отражает состояние и перспективы исследований и разработок в области нанотехнологий).

www.vjnano.org — Сайт международного журнала «Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology», освещающего успехи в изучении наноразмерных объектов и достижения нанотехнологии.

www.che.com — Сайт американского журнала «Chemical Engineering» (публикации о состоянии и развитии нанотехнологий).

www.nature.com — Сайт американского журнала «Nature» («Природа»), который регулярно публикует материалы по нанохимии и нанотехнологии.

www.nanoforum.org — Сайт, специально созданный по решению Нанофорума — консорциума Европейского Союза (ЕС), охватывающий все источники по нанотехнологии на европейском уровне.

www.sciam.ru — Журнал «Scientific American» («В мире науки») на русском языке, содержащий публикации по нанохимии и нанотехнологии.

www.sciam.ru/2005/3/news-14.shtml — Сообщение в журнале «В мире науки» (см. выше) о разработке ученых Мичиганского университета (США). Установлена возможность применения наночастиц для определения уровня радиоактивного излучения, полученного человеком. Эту разработку планируется применять для контроля за радиационным фоном в космическом корабле на орбите, а также при будущих полетах на Луну и Марс.

www.polit.ru — Интернет-издание «ПОЛИТ.РУ», содержащее новости по нанохимии и нанотехнологии.

www.polit.ru/science/2006/06/22/nano.html — Сообщение в интернет-издании «ПОЛИТ.РУ (передовая наука)» (см. выше). По данным американских ученых наночастицы, содержащиеся в кремах от загара и других новейших косметических средствах, являются вредными для здоровья. Они способны повреждать нервные клетки. Подчеркивается необходимость и важность более тщательного изучения проблемы безопасности наночастиц.

www.cnews.ru — Интернет-издание "Химические новости" о высоких химических технологиях.

www.nanonewsnet.ru — Интернет-издание “Nanotechnology News Network” (на русском языке) о новостях в нанотехнологиях.

<http://nanoenot.pisem.net/ne/bnc.htm> — Сообщение о разработке в Израиле “биологического нанокomпьютера”. Он настолько мал, что триллион таких компьютеров сможет работать одновременно в одной капле воды. Такие компьютеры смогут функционировать внутри человеческого тела.

www.computerra.ru — Журнал “Компьютерра” о новостях науки и техники.

www.nanotech.ru/journal - Инженерный журнал «Нанотехника», посвящённый нанотехнологиям.

www.iopscience.iop.org/0957-4484 - Англоязычный журнал “Nanotechnology” («Нанотехнологии»).

www.pubs.acs.org/journal/nalefd - Англоязычный журнал “Nano Letters” Американского химического общества для быстрых публикаций о достижениях в нанохимии и нанотехнологиях.

www.rusnano.com/Home.aspx - Сайт государственной корпорации «РОСНАНО» о состоянии и перспективах нанотехнологий в России.

www.nanoware.ru – Русскоязычный сайт о российских и зарубежных нанотехнологиях.

www.nano-info.ru/about - Русскоязычный научно-информационный портал по нанотехнологиям.

www.nano-technology.org / - Русскоязычный информационный сайт о нанотехнологиях.

www.information-service.ru/nano_tech.html - Российский информационный сервис «Нанотехнологии».

**Фельдблюм Владислав Шуньевич,
доктор химических наук, профессор, почетный работник
высшего профессионального образования Российской
Федерации**

