

# Нанотехнологии как национальная идея



Фото Л. Стрельниковой

**Генрих Эрлих**

**Н**есколько лет назад о нанотехнологиях никто слыхом не слыхивал, ныне же складывается впечатление, что это слово по частоте упоминания соперничает в СМИ с «демократией», уступая только «катастрофам», «скандалам» и, естественно, «президенту». Общество в целом относится к нанотехнологиям... да никак не относится. Сформулировать отношение можно к чему-либо понятному, а что такое нанотехнологии, общество в целом не понимает. Поэтому преобладают эмоции: ирония, раздражение, безразличие или спорадический энтузиазм, как в отношении к любой «кампании». К достоинствам этой относится разве что ее позитивная направленность, в отличие от других «наукоемких» кампаний вроде озоновых дыр, глобального потепления и атипичной пневмонии. Сообщения СМИ лишь укрепляют уверенность в том, что это не более чем очередная кампания. Стоило президенту объявить поход за нанотехнологиями и пообещать огромное по российским меркам материальное обеспечение, как понеслись рапорты о внедрении уже готовых разработок на основе нанотехнологий. Первым было сообщение об укладке на трассе под Нижним Новгородом нового дорожного покрытия, включающего модифицированный на молекулярном уровне битум. Не прошло и недели, как провели успешное испытание сверхмощного, самого мощного в мире неядерного боеприпаса, созданного на основе нанотехнологий. К слову сказать, при широком толковании этого понятия указанные разработки действительно можно отнести к сфере нанотехнологий. Но российский обыватель, даже бесконечно далекий от проблем науки и техники, отлично знает, что в нашей стране путь от научной идеи до практической реализации занимает не годы, а десятилетия, и

делает логичный вывод, что эти разработки начинались тогда, когда даже на Западе нанотехнологии относились к области научной фантастики. А тут еще запустили наноспутник весом 5 кг – от такого сообщения у любого голова пойдет кругом.

Непонимание общества в целом обусловлено недостатком информации. Но есть ли понимание во властной элите? Точный ответ на этот вопрос дать затруднительно, опять же за недостатком информации, но складывается впечатление, что понимания нет и там. Как представляют чиновникам нанотехнологии? Игла силового микроскопа перетаскивает по поверхности атомы, собирая некую заданную конструкцию, например фамилию из пяти букв. Это завораживает. С другой стороны, никакой тайны. Это для того, чтобы вникнуть в механизм реакции водорода и кислорода с образованием воды, нужно специальное образование, а тут все понятно, как кирпичная кладка или как выстраивание вертикали власти. Далее мысль чиновника претерпевает туннельный переход непосредственно к грядущим выгодам. Выгоды эти в соответствии с последними веяниями лежат исключительно в материальной области, в сфере экономики. Нанотехнологии рассматриваются в качестве локомотива новой «экономики знаний», которая выведет Россию на лидирующие позиции в мире. Ставка на нанотехнологии имеет под собой веские основания, нанотехнологический пирог, испеченный по рецептам западных экспертов, тянет на много триллионов у. е., и было бы хорошо отрезать от него кусок посolidнее. Впрочем, более уместно говорить не о пироге, а о шкуре медведя, не то что не убитого, но еще лежащего у утробе матери.

А что же наше научное сообщество? Каково его отношение к нанотехнологиям? Имеется, конечно, некоторое



свое поступательное развитие, и атомами будут манипулировать с неменьшим усердием, потому что это рано или поздно принесет и ощутимые результаты, и экономические дивиденды.

Какое отношение это имеет к российской национальной идее? Никакого. Но откуда следует, что мы намеревались поговорить о нашей национальной идее? Все написанное выше есть не более чем предисловие и иллюстрация того, как чужие идеи преломляются и реализуются в нашей российской действительности. Так что речь пойдет о Западе, точнее, о США. Именно там нанотехнологии небезуспешно пытаются возвести в ранг национальной идеи. Бред, скажете вы. Не будем вступать в бессмысленный спор, ярлык же никогда не поздно навесить. Так что давайте просто рассмотрим положение с нанотехнологиями в США.

Начнем опять издали. После распада Советского Союза вместе с экономической катастрофой произошел идеологический коллапс. Наше общество в целом потеряло жизненные ориентиры и с некоторой завистью взирало на Запад, у которого эти ориентиры, как нам казалось, имелись в дополнение к экономическому благосостоянию. И за своими заботами мы как-то не замечали, что в тех же США в 90-е годы тоже наблюдался идеологический раздрой. Вся жизнь человечества на протяжении большей части XX века структурировалась вокруг противостояния двух социальных систем. Политика, экономика, идеология рассматривались сквозь эту призму. Наука и технологии тоже не оказались в стороне. Беспрецедентный рывок космических исследований был обусловлен в значительной мере соперничеством СССР и США. Неудивительно, что после окончания холодной войны интерес к космосу резко упал — все летающие по сей день американские шаттлы сделаны еще в те далекие времена. Передовая советская наука была почти полностью привязана к ВПК, разрушение которого предопределило многие кризисные явления в современной российской науке.

Образ врага консолидировал общество внутри страны, консолидировал страны, принадлежащие к одному лагерю, и способствовал выработке общего для каждого лагеря пакета ценностей, который предлагали неприсоединившимся странам. После распада СССР и краха социалистической системы наступил идеологический хаос. Начались поиски стержня, вокруг которого можно было заново структурировать жизнь общества. Не следует понимать это просто как поиск новой цели развития западного мира после достижения очередной цели — победы над давним соперником. К целеполаганию это не имеет никакого отношения. Искомый стержень — не стрелка компаса, указующая путь, а всего лишь арматура, на которой держится вся конструкция. Еще его можно назвать национальной идеей. Зачем Америке национальная идея, если у нее есть американская мечта и американские ценности с главной среди них — демократией? Оказалось, что этих ценностей уже недостаточно для консолидации даже американского общества, весьма сильно изменившегося за последние два десятилетия. Еще менее привлекательными они выглядят

количество восторженных энтузиастов, но в целом отношение спокойное, взвешенное и даже осторожное. Никто, конечно, не отрицает, что нанотехнологии есть, что еще больше их может быть создано и часть из них будет доведена до практического использования и принесет ощутимую выгоду. Признавая это, ученые отнюдь не бросаются в новую область, а продолжают заниматься своими исследованиями, лишь вставляя где можно префикс «нано», потому что только под него можно сейчас получить финансирование. Здесь нет никакого обмана или лукавства. Дело в том, что нанонаука отнюдь не зародилась на рубеже XX и XXI веков, а нанообъекты были предметом изучения науки на протяжении всей ее истории. И нанотехнологии, понимаемые не в узком смысле манипулирования атомами посредством силового микроскопа, а в более широком смысле оперирования нанообъектами, использовались еще в древние времена. Поэтому когда ученые слышат о том, что нанотехнологии позволяют получить катализаторы нового поколения, они лишь недоуменно пожимают плечами, ведь подавляющая часть катализаторов, используемых в промышленности, имеет наноструктуру. Что уж говорить о природных катализаторах — ферментах, имеющих наноразмеры. Да и мы с вами представляем собой ходячие ассоциаты нанообъектов.

Парадокс ситуации заключается в том, что нанотехнологическая революция, свидетелями которой мы являемся и о необходимости которой говорят с высоких трибун, базируется на нанонауке, в которой нет ничего революционного. Это, в терминах Т.Куна, «нормальная» (ordinary) наука, соответственно и отношение к ней — нормальное, спокойное. Многие ученые разделяют с обществом отношение к истерии по поводу нанотехнологий как к очередной кампании или, точнее, к очередной волне. Вся история науки состоит из таких волн. Открытие, резкая интенсификация исследований, эйфория от ожиданий грядущего чуда, разочарование от несоответствия результатов ожиданиям, спад, рутинизация. Сколько их было! Кибнетика, высокотемпературная сверхпроводимость, расшифровка генома, сейчас — водородная энергетика. Поэтому многие полагают, что наша власть — распорядитель фондов — через какое-то время поймет, что манипулирование атомами посредством силового микроскопа не приносит ожидаемых экономических дивидендов, а только требует все возрастающих затрат, и на этом основании, охладев к нанотехнологиям вообще, закроет краник. Но это ничего принципиально не изменит. Для всего остального будет придумано новое название, наука продолжит

для незападных стран, которым их приходится навязывать силой, иногда военной. Неудивительно, что в США все меньше говорят о западных ценностях, – в моде сейчас мультикультурность, и тем самым США как бы дистанцируются от западного мира, безоговорочным лидером которого они были на протяжении десятилетий.

Впрочем, эти шараханья свойственны не только США, но и всему западному миру. Перепробовано многое: защита окружающей среды, права человека, устойчивое развитие, глобализация. По разным причинам ничего не подошло.

И вот в 2000 году президент США при поддержке Конгресса запустил Национальную нанотехнологическую инициативу (ННИ – NNI). Проект, несомненно, выдающийся по проработанности, значимости целей, широте, глубине и перспективам, а также по объему финансирования. В наших СМИ и в специальной литературе при обсуждении ННИ акцентируют внимание именно на технологиях, а еще точнее, на объеме средств, выделяемых на научные исследования, разработку и внедрение технологий. Это действительно самая затратная часть проекта, но ею далеко не исчерпывается содержание ННИ, более того, это не самая важная часть.

Сначала о целях. Нанотехнологии в сочетании с традиционными технологиями уже в обозримом будущем позволят (цитируем по книге «Nanotechnology: Social Implications», Springer, 2007, с.23):

- избавиться от техногенных загрязнений окружающей среды благодаря внедрению «чистых» технологий;
- начать ликвидацию негативных экологических последствий предшествующей деятельности человечества;
- ликвидировать голод;
- дать возможность слепым видеть, а глухим слышать;
- искоренить болезни и обеспечить защиту от болезнетворных бактерий и вирусов;
- увеличить продолжительность и качество жизни благодаря ремонту, а в конечном счете и замене слабеющих органов.

Этот список можно продолжить. Будет повышена как личная, так и общественная безопасность благодаря повсеместному внедрению в городах сети химических, биологических, радиологических или ядерных (CBRN) сенсоров, в том числе индивидуальных, позволяющих осуществлять мониторинг окружающей среды в режиме реального времени. Дешевые автономные системы функционирования жилища, «умные» текстильные материалы, способные реагировать на внешнее воздействие, и материалы, устойчивые к загрязнению, сделают нашу жизнь комфортнее. Интеллектуальные способности человека будут расти как на дрожжах за счет имплантации электронных чипов в мозг, а также разработки лекарств, усиливающих память или удаляющих ненужные воспоминания. Да и сама природа человека будет улучшена с помощью генетического скрининга, генной терапии, «генетических» лекарств и, как итог, генетического выбора потомства. (Подчеркнем, что все работы, связанные с генами, могут быть отнесены к сфере нанотехнологий, о чем часто забывают даже специалисты, делающие основной упор на разработку неорганических материалов.) Не забыты, естественно, и военные приложения. Предполагается, что развитие военной робототехники, создание «суперсолдата» с увеличенными физическими возможностями и других приложений изменят природу войны и в конечном счете сделают ее бессмысленной и невозможной.

Все перечисленное отнюдь не относится к области научной фантастики, работы во всех этих направлениях уже ведутся, и, по оценкам информированной «RAND Corporation», все эти технологии могут быть внедрены уже к 2020 году, правда, с разной вероятностью. Можно ска-

зать, что ННИ направлена на претворение идей научной фантастики в жизнь.

Мы пока ничего не сказали об экономике. В этом одна из особенностей ННИ. Как у нас представляют внедрение нанотехнологий? Насадим нанотехнологии, и Россия немедленно превратится в цветущий сад, все сразу будет жить богаче и лучше. США оценивают перспективу экономического роста гораздо сдержаннее, реализация ННИ позволит увеличивать производительность национальной экономики «как минимум на 1% в год» («Nanotechnology: Social Implications», с.33). Суть дела не в валовых показателях (на которых мы несколько зациклены), а в структурной перестройке экономики. Собственно, процесс идет давно, его верно подметил еще Э.Томфлер в «Третьей волне». Это – «демассификация» производства. На смену индустриальным гигантам приходят небольшие наукоемкие производства. Переход к нанотехнологиям, при которых непропорционально, но все же заметно снижаются потребности в производственных площадях, рабочей силе, потребляемых ресурсах и энергии, очистных сооружений и т. п., завершает этот процесс. В принципе ничто не препятствует частному лицу разместить исследовательскую лабораторию и производство у себя дома. С учетом дальнейшего развития информационных и коммуникационных технологий все это порождает совершенно иной образ жизни.

Американцы принялись за дело с присущей им основательностью. Во-первых, государство вложило большие деньги в развитие инфраструктуры научных исследований. Были созданы нанотехнологические центры в 60 университетах страны и пять сетей. (Подробнее об одном из таких институтов, а также о ННИ в целом читайте в следующей статье). За первые три года реализации программы было выдано 2500 грантов приблизительно 300 академическим организациям и приблизительно 200 предприятиям малого бизнеса и некоммерческим организациям во всех 50 штатах.

К исследованиям было привлечено около 40 000 специалистов, имеющих опыт работы по крайней мере в одном аспекте нанотехнологий. Открылись курсы переподготовки специалистов, работающих в других отраслях промышленности. Параллельно началась расширенная подготовка молодых специалистов в университетах по новым программам, ориентированным на нанотехнологии. Более того, началась реорганизация всей системы образования

## Американские наночудеса

### Рубашка-генератор

Ученые из Технологического университета Джорджии во главе с профессором Чжун Линьваном (zhong.wang@mse.gatech.edu) медленно, но верно двигаются к цели: обеспечить солдата армии США надежным источником электричества, чтобы он мог питать многочисленные электроприборы своей амуниции – от прицела ночного видения до сотового телефона и плеера. Основой такого генератора служат нановолокна пьезоэлектрика – оксида цинка. Если их сгибать-разгибать, они вырабатывают электричество и способны собрать энергию, которая возникает при трении, скажем, стелек ботинка о его подошву. Не далее как в апреле 2007 года генератор представлял собой две соприкасающиеся





в стране, включая школьное. Цель этой реорганизации – повысить уровень образования молодого поколения Америки, который уже не соответствует новым задачам. Много делается для изменения менталитета американских школьников, интерес которых к науке и технологиям устойчиво падал на протяжении многих лет. Вся система образования должна строиться вокруг нанотехнологий. Так как они объединяют в себе физику, химию и биологию, то эти дисциплины необходимо преподавать не по отдельности, а в гармоничном комплексе. Существенно, что вокруг этого же ядра в США намерены строить и преподавание социальных наук. В широком плане реализация ННИ предполагает изменение всего строя мышления, переход от редукционистского подхода, характерного для западного человека, к холистическому.

Все это выглядит очень заманчиво. Неудивительно, что программа нанотехнологий (пусть и воспринятая, как нам кажется, в усеченном виде) вызвала безоговорочное одобрение российской власти и научного сообщества, которое при всех сделанных выше оговорках не могло не приветствовать долгожданных значимых инвестиций в отечественную науку. Между тем отношение к ННИ как в самих США, так и в мире нельзя охарактеризовать как «безоговорочное одобрение». Недаром заметная часть средств, выделенных государством в рамках ННИ, тратится на разъяснение сущности программы, на исследования по социальным и этическим последствиям ее реализации, на выработку новых законодательных актов. А в выступлениях американских чиновников звучат такие пассажи («Nanotechnology: Social Implications», с.22–23): «Первое: нанотехнологии грядут и ничто их не остановит. Второе: даже если бы их можно было остановить, это было бы неэтичным. Третье: США лидируют в мире не только по исследованиям в области нанотехнологий, но и по связанным с ними общественным и этическим проблемам». Риторика, более подходящая для стратегической оборонной инициативы, чем для научно-технологического проекта.

Какие же возражения вызывает ННИ?

Во-первых, не все понятно с безопасностью нанотехнологий. Мир будет насыщен искусственно сделанными нанобъектами, включенными в состав строительных материалов, бытовой техники, одежды и т. п. Без всяких техногенных выбросов нанобъекты вследствие их малости будут носиться в воздухе, попадать в питьевую воду, внутрь

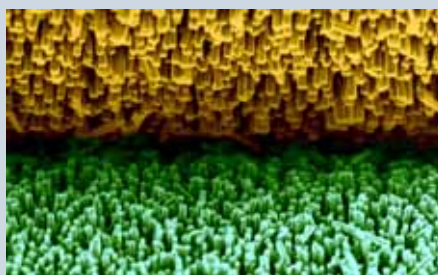
нашего организма, внутрь клеток. Какие изменения они там могут произвести? Ассортимент нанобъектов может быстро превзойти количество вредных химических и биологических соединений и организмов, подлежащих мониторингу. Для всех них придется разрабатывать методы контроля, выпускать соответствующие сенсоры. Насколько этот контроль будет эффективным? И где гарантии, что все выпускаемые нанобъекты будут проходить тестирование на физиологическую активность? Ведь эта область развивается очень динамично, так что объекты будут выбрасываться на рынок без надлежащего тестирования.

Во-вторых, неочевидность социальных последствий. Возьмем те же структурные изменения в промышленности. Далеко не всем они приходятся по вкусу, особенно специалистам, занятым в традиционных отраслях. Когда мы говорим о развитии нанотехнологий в России, то одним из самых весомых аргументов в пользу этого называется создание новых рабочих мест. Для американской промышленности этот же процесс означает сокращение рабочих мест. То же относится и к изменению образа жизни в связи с «демассификацией» производства. Многие вполне удовлетворяют их нынешняя жизнь, и они не стремятся к переменам. «Третья волна» смысла американскую (и европейскую) семью, какие еще традиционные ценности похоронит революция нанотехнологическая?

Это лишь некоторые из «внутренних» возражений. Есть и «внешние». Здравомыслящие люди не прельщаются несомненно благородными и высокими целями, заявленными ННИ. Снижение остроты продовольственной проблемы в мире будет достигаться за счет генетически модифицированных (ГМ) продуктов. Не вдаваясь в дискуссию о безопасности этих продуктов, заметим, что страны Западной Европы недвусмысленно выражают свою позицию

кремниевые пластинки, на одной из которых стояли торчком волокна из оксида цинка, а на другой была нанесена платина с нанорельефом. При скольжении друг по другу такие пластинки площадью 6 мм<sup>2</sup> вырабатывали ток до 800 нА и напряжение в 20 мВ.

Теперь же пришла пора гибких материалов. Те же самые нановолокна оксида цинка ученые вырастили на волокнах кевлара – прочного полимера, который идет, в частности, на изготовление бронезилетов. Для этого сначала на кевлар наносили слой еще одного полимера, затем методом магнетронного распыления создавали зародыши оксида цинка и, наконец, помещали его в реактор, где нановолокна росли в течение 12 часов при 80°C. Все завершилось нанесением еще одного слоя защитного полимера. В результате кев-



лар покрылся плотной щеточкой оксидных нановолокон.

Далее на часть кевларовых волокон нанесли еще и золото, а затем соединили такие позолоченные волокна в пары с оксидными. При трении их друг о друга стало вырабатываться электричество. Согласно расчету, один квадратный метр ткани, сплетенной из подобных пар, будет выдавать 80 мВт мощности. В ближайшем будущем ученые

предполагают создать нитки из многих волокон, что значительно увеличит мощность.

У всей этой работы есть существенный недостаток: вода разрушает волокна оксида цинка. Хотя, вероятно, найти соответствующее покрытие не так уж и сложно.

## Нановозди держат каплю

Мысль о том, что, создав нанорельеф на какой-нибудь поверхности, можно добиться, чтобы капли воды ее совершенно не смачивали, не нова. Ее истоки – в тайне листа лотоса, к которому не липнет грязь (см. «Химия и жизнь», 2006, № 2). Однако Том Крупенкин (tnk@engr.wisc.edu), Дж. Эшли Тайлор и их коллеги из Висконсинского университета решили пойти дальше и сделать

по этому поводу: ГМ-продукты – для слаборазвитых и развивающихся стран. То же относится и к заботам об окружающей среде. Внедрение нанотехнологий не подразумевает пропорционального уменьшения потребностей американского обывателя. Он по-прежнему любит большие машины с пятилитровыми двигателями, дороги с идеальным покрытием и просторные индивидуальные дома. Он ни на градус не изменит настройку своего кондиционера, хотя, по оценкам экспертов, энергия, потребляемая именно работающими кондиционерами, вносит значимый вклад в избыточный выброс углекислого газа в атмосферу. Все это требует огромных количеств энергии, топлива, строительных материалов, продукции металлургии и химической промышленности. Производиться все это будет в странах третьего мира, на которые высокие стандарты экологической безопасности не распространяются. Эксперты «RAND Corporation» [www.rand.org] называют это синдромом «not-in-my-backyard» с удивительно точной калькой на русский: только не в моем садике.

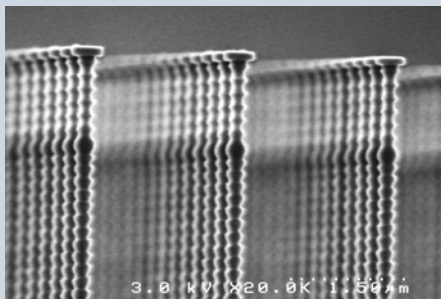
Однако внедрение ГМ-продуктов и перенос крупной промышленности при возможных негативных последствиях будут все же в значительной мере способствовать росту уровня жизни в слаборазвитых странах. Но вот грядущие достижения медицины вряд ли будут им доступны из-за высокой стоимости. При анализе отчетов ООН, ВОЗ и ЮНЕСКО, посвященных вопросам здравоохранения, социального развития и демографии развивающихся стран, складывается впечатление, что главная медицинская проблема там – более широкое распространение презервативов и контроль над рождаемостью. Направленность разрабатываемых военных технологий также очевидна – ведение войны «малой кровью на чужой территории», что вызывает естественную тревогу у обитателей этих территорий.

Вектор технологического развития, задаваемый ННИ, не вызывает сомнения: все подчинено удовлетворению потребностей и запросов населения высокоразвитых стран, «золотого миллиарда», прогрессивно стареющего и более всего озабоченного собственной безопасностью и комфортом. Или с учетом определения «национальная» – населения США. Можно еще немного сузить, в соответствии с имущественным цензом.

Это – возражения объективные, но есть и субъективные или этические, обусловленные опасениями того, к чему при определенных условиях может привести реализация ННИ. Миниатюризация средств контроля и слежения (сенсоров, видеокамер), их всемерное распространение и объединение в сети для мониторинга on-line легко трансформируются во всевидящее око Большого Брата по Дж. Оруэллу. Это дополняется всеобъемлющим радиочастотным контролем за перемещением коммерческих товаров и людей (RFID – radio frequency identification, см. «Химия и жизнь», 2007, № 4). Некоторые элементы этой системы действуют уже в настоящее время – это штрихкоды на товарах и применяемый на некоторых крупных фирмах контроль за местонахождением сотрудников по магнитным бейджам. Замена их на имплантируемые идентификационные микрочипы уже никому не кажется фантастикой. Как и имплантация микрочипов в мозг. С одной стороны, это расширит сознание и память, увеличит возможности людей, страдающих от различных заболеваний или последствий аварий, позволит осуществлять прямую связь с компьютером, а с другой – тоже много чего позволит, куда более опасного.

Сюда же примыкает и технология генетического выбора потомства. Мы прекрасно понимаем желание родителей иметь здорового красивого ребенка, неотягощенного наследственными заболеваниями и обладающего повышенными способностями к музыке, живописи, спорту, бизнесу или другим близким их сердцам областям. Мы снисходительно относимся к практикуемой уже в некоторых азиатских странах корректировке гендерного состава рождающихся младенцев в сторону увеличения количества мальчиков (незначительного, на доли процента, выливающегося, правда, в миллионы) – им нужны рабочие руки. Но в целом все это есть не что иное, как восхождение идей евгеники, один из вариантов практического воплощения которых явила нацистская Германия. Заметим, что и в США в те годы практиковалась стерилизация «социально опасных» типов, к коим относились, в частности, подростки-хулиганы. Времена, конечно, изменились, но изменились и методы, став более разнообразными. Что «подправят» в геноме зародыша, навсегда останется тайной, тем более что проявиться это может

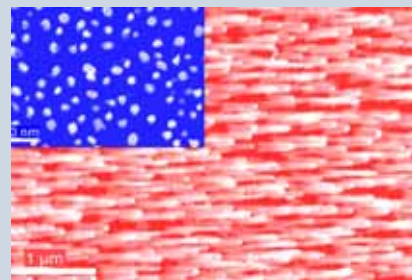
поверхность, которая по желанию человека становилась бы абсолютно гидрофильной или, наоборот, легко смачивающейся. Для этого они вырастили (или



вытравили) на поверхности проводящей кремниевой пластинки лес из столбиков кремния, а потом приделали им шляпки из непроводящего оксида кремния.

«Благодаря такой наноструктуре и силе поверхностного натяжения капля воды касается вещества в чрезвычайно малом числе отдельных точек. Она фактически висит в воздухе», – говорит Том Крупенкин. А затем на пластинку подается электрическое напряжение. Оно изменяет натяжение капли, и та легко просачивается между шляпками наногвоздей.

Эта технология может найти очень разнообразные приложения, от микроскопических лабораторий для будущих биомедицинских исследований до создания самоочищающихся покрытий. Есть идеи, как с помощью таких наногвоздей отключать неиспользуемые батарейки, тем самым продлевая срок их службы.



## Нанофлаг

Американские умельцы Ланс Дельцейт (ARC) и Крис Мэттьюс из Высшей школы Сан Маттео сделали из нанотрубок американский нанофлаг. На поле, подкрашенном красным цветом, виден лес из нанотрубок длиной один микрон и более, который был выращен методом химического осаждения из пара (CVD). На синей вставке помещена фотография того же леса нанотрубок, но с торца.

через много лет и даже не будет расцениваться как результат давней «коррекции» (возможно, и самими учеными). Если добавить к этому будущие высокотехнологические манипуляции с мозгом и памятью, то: «О дивный новый мир!» – воскликнем мы вслед за Олдосом Хаксли.

Все это – возможности гипотетические, и, дай Бог, они никогда не будут реализованы. Но в любом случае Национальная нанотехнологическая инициатива являет нам новый образ мира. Мы не станем обсуждать здесь, будет ли этот мир лучше, безопаснее, справедливее, в конце концов, это дело вкуса и личных пристрастий и устремлений. Изменения, которые привнесла в мир информационная революция – персональные компьютеры, мобильные телефоны, Интернет, – коснулись лишь внешнего обрамления нашей жизни, нанотехнологическая революция изменит сам строй жизни, да и нас самих. Это будет другой мир.

Точнее, это будет другая страна, потому что, напомним еще раз, речь идет о национальной инициативе. Более того, распространить эту модель в полном объеме на все человечество невозможно в принципе, для этого не хватит, в частности, материальных ресурсов. Если использовать аналогию из мира науки, то самоорганизующаяся структура в лице США сможет существовать лишь за счет притока энергии и вещества из внешнего мира, пребывающего в состоянии детерминированного (и контролируемого) хаоса. А мы, жители этого внешнего мира, будем с завистью, недоумением, сожалением (дело вкуса) заглядывать за новый железный занавес, без которого в этой ситуации никак не обойтись и который в общем-то уже возводится.

При чем здесь нанотехнологии? Да почти ни при чем. В концепции нового мироустройства их место как технического средства (одного из) для достижения заявленных целей – десятое. Но при этом возведение нанотехнологий в ранг ключевого слова следует признать чрезвычайно удачной находкой. Они оказались тем стержнем, вокруг которого удобно структурируются все программы – научные, технологические, образовательные, социальные. Откройте любую книгу по нанотехнологиям – вслед за ритуальным упоминанием лекции Фейнмана идет схема, связывающая все со всем, в которой нанотехнологии занимают центральное место. Сам термин не вызывает немедленно чувства протеста и отторжения. Американцы



преклоняются перед технологиями на генетическом уровне, да и другие страны готовы воспринять промышленные технологии, сулящие экономический рост и процветание. Префикс «нано», непонятный подавляющей части населения, лишь усугубляет научное звучание термина и придает ему элемент тайны, свойственной и необходимой любому чуду. Существенно то, что нанотехнологии сами по себе не ассоциируются ни с какими опасными или вредными устройствами и веществами, продукция нанотехнологий (существующая и будущая) – это всегда промежуточные продукты, комплектующие, которые затем включаются в состав конечного изделия. Ситуация как с ураном, который довольно безобиден до тех пор, пока им не начнут атомную бомбу.

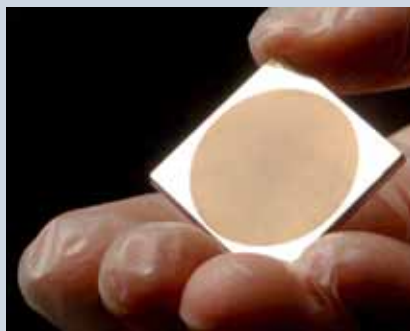
Благодаря этому многие страны, несмотря на упоминавшиеся выше возражения, спокойно восприняли НИИ. А некоторые, в частности Россия, – с экстастическим энтузиазмом. Ничего страшного тут нет, в технологическом плане мы действительно обречены на нанотехнологии как одно из основных направлений развития. Другое дело, что необходимо четко понимать, для чего осуществляется это развитие и какие последствия может иметь внедрение новых технологий. И не надо возводить нанотехнологии в ранг национальной идеи. Оставим это Америке.



## Золотой алюминий

Два года назад ученые из Рочестерского университета (США) во главе с доцентом Чуньлэй Го (guo@optics.rochester.edu) создали абсолютно черный алюминий. Такой материал может пригодиться везде, где нужно поглощать свет, – от коллекторов света для солнечной энергетики до покрытий для военной техники. В этом году ученые из Рочестера продвинулись дальше: они научились аналогичным методом придавать поверхности алюминия цвет. Практически любой.

«Когда мы с моим помощником Анатолием Воробьевым впервые обнаружили, что алюминию можно придать цвет золота, мы просидели до полуночи, чтобы понять, как это у нас получилось и какие другие цвета можно сделать этим методом», – рассказывает Чуньлэй Го. Сейчас ученые создали алюминий голубого цвета, заставили его переливаться подобно радуге и ищут способы добиться зеленого и красного цветов.



В основе методики лежит создание на поверхности металла узора из ямок, глобул и черточек размером в нанометры и микроны. Этот узор создают с помощью фемтосекундного лазера, импульсы которого длятся очень мало времени, но обладают большой энергией и легко испаряют тончайшие слои металла. Изменяя продолжительность импульсов, их энергию и количество, можно создавать разные наноузоры. Характерный размер этих узоров меньше дли-

ны волны света, поэтому свет разных длин волн будет отражаться от них по-разному. Подбирая характеристики узора, как раз и удастся добиться, чтобы отражение было в узкой области значений длин волн, а весь остальной свет поглощался или рассеивался.

Пока что скорость лазерной окраски поверхности металла невелика – за полчаса можно покрасить в нужный цвет небольшую монетку. Однако ученые собираются существенно увеличить скорость. Если им это удастся, то появится неплохая технология придания цвета металлическим изделиям. Поскольку узор связан непосредственно с металлом, такая окраска будет держаться гораздо дольше, чем любое красочное покрытие. Кроме того, появляются неплохие возможности для художников – можно будет лазером расписывать дверцы холодильников, рамы велосипедов, кузова автомобилей (если делать их из нержавеющей стали или титана) или ювелирные украшения.