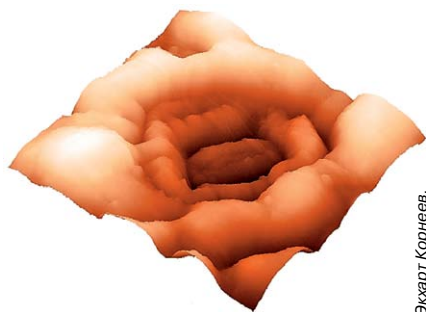


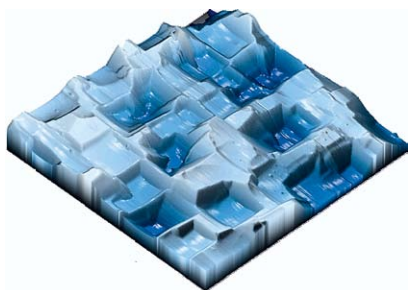
Пьезокерамика — «душа» сканирующего зондового микроскопа.

— ПРИРОДОЙ ЛЮБУЮТСЯ ВСЕ,
НО ЛИШЬ НЕМНОГИЕ СЧАСТЛИВЦЫ —
ЧЕРЕЗ ОКУЛЯР МИКРОСКОПА

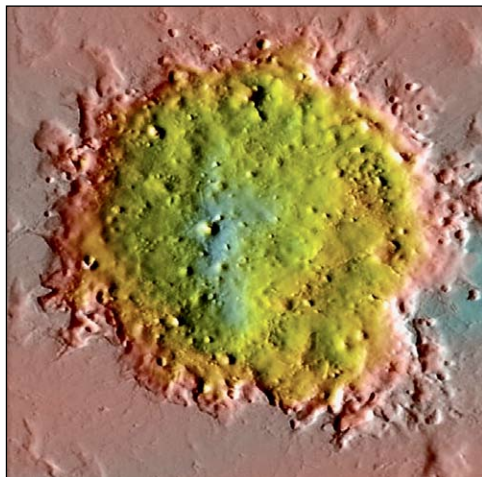
В наномире нет цвета, он чёрно-белый, потому что шкала его размеров меньше, чем длина световой волны. Однако сканирующие зондовые микроскопы создают трёхмерные картинки, которые можно «крутить» и «подсвечивать». Это позволяет не просто получить «фотографию» нанобъекта, но и раскрыть его невидимую красоту.



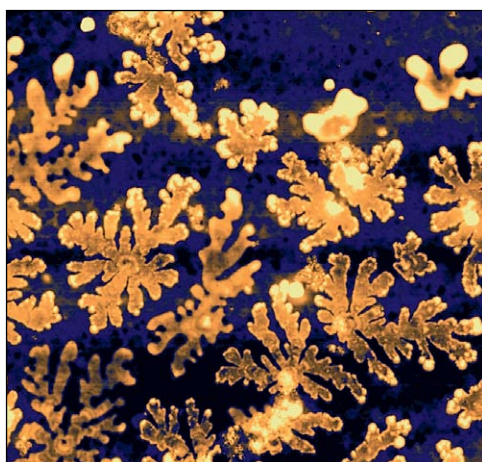
Дыхательное устье на нижней части листа.



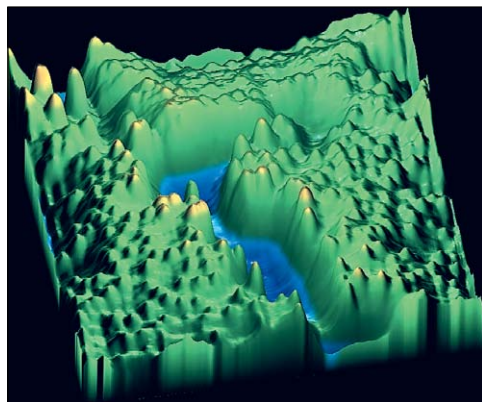
Так под сканирующим зондовым микроскопом выглядит неполированная кремниевая поверхность.



Изображение иммунной клетки крысы, полученное совмещением методов конфокальной и сканирующей зондовой микроскопии.



Смесь красителя с наночастицами серебра на поверхности полированного алюминия.



Один микрон площади заготовки для микросхемы: плёнка железа нанесена на поверхность специально обработанного кремния, синим цветом помечены «низкие», жёлтым — «высокие» области, зелёным — промежуточные.

НАУКА НЕ ДЕЛИТСЯ НА «СВОЮ» И «ЧУЖУЮ»

Производственные цепочки глобальной экономики раскидываются по всему миру в поисках ресурсов с идеальным соотношением цены и качества — таких, как корейские пальцы, русские мозги, европейская инфраструктура или американские деньги. Когда дело касается сложной, многокомпонентной продукции, «мысль державную» этот процесс приводит к парадоксу. Где проходит в глобальном мире граница между «нашими» и «не нашими» исследованиями и технологиями? В чём заключается стратегический национальный интерес в области технологий?

Елена ВЕШНЯКОВСКАЯ.

Пока противостояли друг другу две беспрецедентно враждебные и примерно равномогущие системы, задачи Советского государства в отношении науки и технологий сводились к выделению бюджетных денег на создание средств массового поражения, их доставку по назначению и защиту от неизбежных последствий этого «праздника» человеческой мысли. Вера в господдержку и бюджетное финансирование как двигатель прогресса — во многом наследие той, последовательно занимающей изоляционистскую позицию страны. Но что движет высокими технологиями в условиях глобального рынка, когда «сделано в России» может относиться и к автомобилю, ввезённому в виде набора деталей под отвёрточную сборку, и к оригинальной отечественной научной разработке, которая превращается в коммерческий продукт в корейском сборочном цеху?

Здесь уместно вспомнить, что наука умеет не только тратить, но и создавать деньги. В рыночной экономике научная мысль традиционно капитализируется; персонаж типичного капиталистического сюжета — не бюджетник с протянутой рукой, а миллионер в мятых джинсах, вчерашний технарш по фамилии Джобс или Цукерберг. Ролевые модели миллионеров — двигателей прогресса никому не в диковинку: маршалский жезл Джобса—Цукерберга лежит в ранце практически каждого студента-«ботаника».

В отечестве капитализация научного знания — феномен новый и противоречивый, ярких историй бизнес-успеха нет. Причинно-следственные связи между удачной разработкой и состоянием банковского счёта в сознании российского учёного отсутствуют исторически. Со своей стороны, пирамиды Мулдашева, фильтры Петрика и прочие наностельки для поправки кармы,

возможно, и обогатили своих создателей, но не добавили научно-коммерческому импульсу респектабельности.

Тем интереснее тот факт, что под разговоры о «развале науки» в России в течение последних 20 лет сформировалась компания, не просто успешно работающая на мировом рынке высоких технологий — таких игроков среди «разваленной отечественной науки» обнадеживающе много, — и даже не просто поставляющая свою продукцию в такие требовательные организации, как Лондонский Imperial College (Великобритания), Калифорнийский университет или



Виктор Александрович Быков за 20 лет превратил компанию МДТ (сейчас НТ-МДТ) из категории «маленьких, но многообещающих» в «номер два» на глобальном рынке сканирующих зондовых микроскопов.

Национальная лаборатория им. Лоуренса в Беркли (США), но и держащая, по данным консалтингового агентства Future Markets, за 2011 год, вторую по величине долю мирового рынка (16%) в своём сегменте — сканирующих зондовых микроскопов и платформ для наноманипуляций.

У компании НТ-МДТ много критиков. Она настолько хорошо интегрирует производственные и исследовательские площадки, расположенные в разных частях света, что некоторые вообще называют её «сборочным цехом», а не полноценным производством. С этого мы и начинаем разговор с директором компании, доктором технических наук и президентом Нанотехнологического общества России Виктором Александровичем БЫКОВЫМ.

— Виктор Александрович, НТ-МДТ — это конгломерат площадок, расположенных в Европе, Азии и США: от Ирландии до Шанхая. Так в каком же смысле и до какой степени это отечественная компания?

— Мы зарегистрированы в России, мы здесь стартовали, и здесь наше основное ядро: триста с лишним сотрудников. Не просто сотрудников, а специалистов.

— Специалистов какого уровня?

— Весьма высокого. Помимо того что мы постоянно занимаемся подготовкой специалистов непосредственно в компании, я ещё на физтехе заведую кафедрой микроэлектроники; и кроме того, у нас хорошие отношения с МИФИ, там меня тоже выбрали профессором кафедры электрофизических установок, чтобы обеспечить подготовку специалистов. Все основные службы — разработки, производство, сервис, маркетинг — базируются в России.

— Но если всё это здесь, включая разработки и производство, то зачем вам заграничное?

— Чтобы работать в такой могучей области, как приборостроение, особенно научное приборостроение, надо опираться на возможности всего мира. Комплекующие, необходимые в нашей отрасли, могут производиться в любой стране. Важно, где расположены основные офисы и откуда непосредственно исходит продукция. Возьмите IBM. Её отделений полно во всём мире: в Швейцарии, в Африке — где её только нет. Но основной офис у IBM в Нью-Йорке, поэтому IBM всё-таки считается американской компанией. Хотя и она, и все сильные компании, без исключения, работают глобально и глобально продают

свою продукцию. Продукцию нашего типа нельзя делать только для своего уголка, она в этом случае не выдержит конкуренции, и мы так и будем вечно засматриваться: что стоит «у них»? Правильно — это когда «у них» стоит твоё, когда на твоей аппаратуре работают в лучших лабораториях мира, включая российские.

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОЛОНИАЛИЗМЕ

Виктор Александрович Быков — предприниматель, фабрикант, совладелец одного из тех немногочисленных высокотехнологичных предприятий, которые выпускают продукцию с приставкой «нано», а за деньгами к Чубайсу не идут. Не из идейных соображений: отраслевые интересы у «Роснано» и Нанотехнологического общества России, в котором Быков президентствует с октября прошлого года, достаточно близки, — а потому что живут на свои. Задача «Роснано» — учить учёных экономической эффективности; в НТ-МДТ эту премудрость освоили, когда слова «Роснано» ещё никто не слышал. Разумеется, в основе экономического процветания компании, как у всех, лежат государственные деньги — крупный кредит на развитие, полученный в «лихие 90-е», — мегапроект Министерства образования и науки (2003 - 2005 годы). Но если бы из каждого сделанного тогда финансового вливания получилась компания масштаба и эффективности той, о которой мы говорим, мы бы сейчас жили в другой стране. Однако подпадают ли быковские микроскопы и нанофабрики под категорию «отечественных технологий»?

— «Отечественные технологии», «западные технологии» — глупо делить их так, — сердится Быков. — Поймите, технологиями владеют не страны, а конкретные компании. Например, наша компания: её технологии — это её стратегический ресурс. Но иной раз для прибора нужен какой-то модуль, про который я знаю, что здесь никто его не делает, а в Уэльсе есть одна небольшая группа, которая сумеет. Заказываем его там, и получается высококлассный прибор. А если тебе важен не результат, а чтобы ты всё делал сам, то и получится... сплошная «Лада-Калина».

— Виктор Александрович, но вообразим бедного китайского ремесленника. Он старательно, аккуратно работает, в его стране существует мощная традиция копирования образцов, и любая компания из развитой

страны может очень дешево получить от него приличную продукцию. Я не вижу принципиальной разницы между ним и бедным российским инженером, у которого есть образование, мозги, традиция «народной смекалки», позволяющая решать нетривиальные задачи, и та же самая западная компания-заказчик может очень дешево заказывать ему решения нетривиальных задач. И в том и в другом случае получается своего рода технологический колониализм. Понятно, почему это нужно заказчику, но что с этого будут иметь «колонии»?

— Аналогия правильная. «Технологические колонии» будут иметь вот что: своё принципиальное отличие, например от Ливии.

— В чём оно заключается?

— В том, что у них есть атомные бомбы. Ливия, которой все могут диктовать, как жить, — это то, во что можно очень легко превратиться, если у тебя нет доступа к технологиям. Неважно чьим, главное — самым высоким.

— То есть самые высокие технологии — это всё равно война?

— Наоборот, мир. Мир — именно потому что и до тех пор пока у тебя есть высокие технологии. А вот если их нет, тогда война. Человек пока ещё хищник.

— Какой же он хищник?

— Страшный, — шурится Быков так, что невозможно понять: подсмеивается он или серьёзно. — Всеядный. Жрёт мясо, друг с другом вечно спорит, компании конкурируют, спортсмены бьются — полная аналогия того, как раньше бились друг с другом города: высылали двоих ребят, каждый своего...

— На ваш взгляд, гонка технологий — это всего лишь «махаловка» двор на двор?

— Да. Просто переведённая в более безобидное русло.

— А не обидно за науку?

— Если бы человек был устроен по-другому и сидел тихо, никакого развития не происходило бы. Это хорошо, что люди всё время соревнуется. В крайнем случае с природой, в основном — друг с другом. Всё время нужно вести новые разработки, иначе вылетишь с рынка.

— Конкурируют компании или страны? Существует хотя бы «отечественная наука»?

— Не бывает отечественной науки и неотечественной. Есть просто наука.

— А как же тогда со стремлением к национальной технологической независимости?

— Кто стремится к независимости? Я? Я стремлюсь к кооперации со всем остальным миром. Что вообще такое — «технологическая независимость»? Я могу понять, что такое независимость страны: это когда страна сама выбирает себе президента. Или независимость компании — когда она сама решает, как ей развиваться, что производить и кому продавать. Есть ещё технологическая независимость компании; она в том, чтобы, покупая, не опираться на единичного, эксклюзивного поставщика. По каждой позиции всего, чем ты пользуешься, у тебя должна быть группа поставщиков. Иначе взорвётся у твоего поставщика, например, Фукусима, и привет горячей, у тебя всё встало. А вот если у тебя несколько поставщиков, то даже пусть в одном месте порвалось, — не смертельно. Но идея о том, что независимость — это когда мы всё для себя делаем сами, это бред, наследие Советского Союза, тормоз, который не позволял ему нормально развиваться. Потому что никогда в Советском Союзе не было хорошего научного оборудования. Приборы просто передирали без раздумий. Так что советская технологическая независимость была очень условной. Вопрос о независимости, о силе твоей позиции состоит не в том, нуждаешься ли ты в продукции внешних рынков высоких технологий, а в том, играешь ли ты сам на этих рынках. Ты должен быть на мировом рынке взаимопользен, иначе ты просто паразит, качающий из земли нефть.

МЫ В ОТВЕТЕ ЗА ВОСЕМНАДЦАТУЮ ХРОМОСОМУ

— Сейчас среди разработчиков высоко-технологичной продукции популярна идея обращения к государству: «Дайте денег из госбюджета и обеспечьте нас заказчиками».

— С точки зрения бизнеса это бред.

— Но процесс идёт; Саровский ядерный центр, например, именно по такой схеме собирает отечественные суперкомпьютеры, которым уже обеспечены покупатели, крупные системообразующие предприятия.

— Саров, наверное, делает отличные суперкомпьютеры, но из чего? Где микросхемы-то берут? Не сами же паяют.

— А если бы и сами паяли, что в этом плохого?

— Всё. Был у меня один конкурент... большой фантазёр. Он начал разработку микроскопов с разработки технологии керамики: как её резать. Стал вкладывать деньги,

которые ему дали тогда, в 1989—1990-м, в цифроаналоговые преобразователи. Ну и чего добился? Так никогда ничего не сделать. Технологии глобальны: в Сингапуре, в Гонконге, например, хорошо «шлёпают» интегральные схемы. Не надо терять время на то, что может быстро и дёшево сделать другой, надо находить такие точки, где ты как можно быстрее получишь преимущество и при этом сделаешь что-то полезное для всего остального мира.

— К вопросу о полезности: как соотносятся объёмы ваших продаж внутри России и за рубежом?

— Если по количеству, по единицам продукции, то за рубежом мы продаём чуть больше. С другой стороны, здесь, в России, у нас есть заказы на очень крупные продукты, например на нанотехнологические станции для синхротронов.

А сейчас мы прорабатываем проект станции для лазера на свободных электронах (XFEL, X-ray Free Electron Laser) в Гамбурге, в рамках европейского проекта. Россия участвует в крупных международных проектах регулярно, но в основном деньгами. А другие страны дают туда продукцию, приборы, и это правильно. Правда, что касается проекта лазера на свободных электронах, мы, кажется, начинаем исправляться.

— Россия находит средства для участия в крупных международных научных проектах?

— И немалые. В том же лазере на свободных электронах Россия — второй по объёму дольщик. Первый — Германия. Но при этом лазер строится на немецкой территории, немецкими компаниями, то есть те деньги, которые вкладывает Германия, в той же Германии и осваиваются. А Россия, второй по объёму вкладчик, 200 млн евро вложила чистыми деньгами.

— И как эти миллионы вернутся в Россию?

— Никак.

— Тогда зачем?

— Понимаете, — на секунду Быков превращается из «хитрована»-фабриканта в профессора, и этот профессор устало объясняет очевидное, — понимаете, есть такая штука — наука. Она так или иначе к нам возвращается. В виде телефонов, компьютеров... Как конкретно исследование белков, к примеру, повлияет на благополучие людей в России? Не знаю. Но повлияет обязательно. Есть, например, программа «Протеом человека». Её цель — научиться распознавать белки, которые производятся в нашем

организме. Это громадная задача, белков там — море. Поэтому работу разделили между участниками: большей части стран, в том числе России, поручили по одной хромосоме (некоторым, например Китаю, по две). Россия отвечает за белки, которые продуцирует восемнадцатая хромосома. Распознавать их можно будет, используя такой могучий инструмент, как лазер на свободных электронах. После исследований и когда научатся что-то более-менее надёжно делать, всё это вернётся в здравоохранение. И таким образом повлияет на людей.

— Страны-участницы получают права на результаты исследований?

— На науку права получают все, где бы она ни делалась. В этом особенность науки.

— Тогда нам не нужны были бы патенты.

— Патенты касаются только изделий, технологий, конструкций. Кстати, мы придумали очень интересный метод распознавания белков и запатентовали. Но как бы «на вырост», потому что ещё аппаратуры такой не существует, чтобы его применить. Только идея, новый вид спектроскопии. Я надеюсь, что осуществлён он будет на нашей системе, потому что мы умеем хорошо делать такие системы.

— Когда вы патентуете идею, значит ли это, что идея работает? Или только то, что никто ещё с подобным не выступал?

— Что никто не выступал и что сама идея, скорее всего, не содержит в себе антинаучных посылок, согласуется с физикой.

— То есть теоретически патент можно получить и на метод, который окажется невозможно реализовать на практике?

— Я точно знаю, как реализовать этот метод на практике, и мы его реализуем в станции, на этом самом XFEL'e. Это будет российская продукция, но стоять она будет на международной станции и делаться руками очень многих как российских, так и не российских компаний.

О СЫРЬЕВОМ МЫШЛЕНИИ

— Разброс по глобусу участников производственной цепочки мотивируется, как правило, экономическими соображениями. Где ресурс стоит дёшево, там его и берём?

— Неправильно. Ресурс может стоить даже очень дорого. Конечно, всегда смотришь на отношение цена — качество. Но есть вещи, которые не производят в нашей стране, например какие-нибудь аналого-цифровые преобразователи. Ну и что, что не производят? Они нам нужны, и мы их

покупаем. Для одного из наших продуктов нужны особые, очень чувствительные камеры. Их делает одна западная компания, мы у неё покупаем. Если бы не покупали, то не сделали бы конечный прибор. Делать приборы нужно так, чтобы выиграть скорость, как можно быстрее реализовать в устройстве новую идею. Потому что идеи очень быстро устаревают.

— Как быстро происходит в вашей сфере устаревание идей?

— Как правило, продукт живёт пять-семь лет. Потом умирает, и на его место вырастает что-то новое. Это происходит повсеместно, потому что очень мощно развивается электроника, вслед за нею — программные средства, меняется сущность всех приборов. Вот сколько лет работает этот ваш диктофон?

— Два часа; я его купила по дороге к вам, потому что старый умер.

— Вот! Купила по дороге! А вы ещё спрашиваете, как возвращаются затраты на науку! Представьте себе, лет тридцать назад у вас бы помер магнитофон. Как скоро вы бы сумели заменить его на новый? Взять наши приборы десятилетней давности: примитивная логика, микросхемы. А сейчас один чип припаяешь, и всё, дальше — только интеллектуальное наполнение, так называемые ПЛИС: программируемые логические интегральные схемы. Они есть в любом контроллере; покупаешь — они как будто одинаковые. Но по сути они совершенно разные: разное интеллектуальное наполнение. Если у тебя есть куча брёвен, это не означает, что у тебя есть дом. Дом — это как ты его сконструируешь, какую идею вложишь.

— В вашем случае дом — это сканирующие зондовые микроскопы?

— Не только. Микроскопы — одна из основных наших линий, где мы занимаем сейчас очень хорошие позиции. Но принципы зондовой микроскопии можно использовать и в спектроскопии с нанометровым разрешением. В нашем производстве важны идеологические установки: ты должен создать то, чего захотят очень многие через некоторое время. Ты закладываешь разработку, потом нужно полтора-два года, чтобы её реализовать, затем её начнут покупать для того, чтобы ещё года через два выдать какие-то результаты. Так вот, чтобы правильно заложить разработку, ты должен предвидеть, какие результаты потребителю понадобятся через четыре года.

— Из этого следует, что самый эффективный двигатель прогресса — не государство с его бюджетными вливаниями, а отдельно взятая наукоёмкая компания с сильным стратегическим прогнозированием.

— Конечно. Но она должна быть крупной. Маленькой компании очень сложно играть на рынке высоких технологий, она неустойчива. А вот достаточно диверсифицированная, крупная и при этом агрессивная компания — это самый эффективный игрок.

— А государство со своими стратегическими интересами оказывается одним из её клиентов: выбирает себе исполнителя на рынке технологий на обычных рыночных основаниях.

— Да. Государство пусть заказывает конечный продукт, конкретную аппаратуру: допустим, для военных самолётов. Дело в том, что, в отличие от микросхем, которые покупать можно, авионику покупать за границей нельзя. В неё могут быть заложены коды, которые позволяют остановить работу системы извне. Если же просто собирать у себя продукт из микросхем, то там всё на сто процентов контролируемо, даже если микросхемы «чужие». Поэтому разработка конечной продукции — это то, к чему следует стремиться наукоёмкой компании.

— Почему же у нас так мало глобальных игроков — поставщиков дорогого конечного продукта из дешёвых комплектующих?

— Потому что у нас у большинства принимающих решения людей — сырьевое мышление.

— Это вы про нефть?

— Нет. Нефть — это хорошо, нефтедобыча — это сегодня по-настоящему высокие технологии. А сырьевое мышление — это когда считается, что самый хороший тот, кто собирает свой продукт только из своих комплектующих, пусть даже самых что ни на есть примитивных. Нас иногда спрашивают так с подвохом: а где у вас здесь станки стоят?

— А они стоят?

— Есть у нас станки. Но они используются для всяких мелких штук. В основном мы распределяем производственные заказы. Сейчас и в Ирландии заказываем, и Малайзию прорабатываем, чтобы «железки» нам делали там, подешевле и хорошего качества.

— Дешевле, чем здесь? В России вроде бы рабочая сила не очень дорогая.

— А в Малайзии теплее, поэтому там отапливать не надо и кушают меньше. С одной стороны, у нас из-за того, что холодно,

энергозатраты всегда будут выше, а с другой, там, в Малайзии, кроме всего прочего, есть уже изрядно проинвестированные механические производства, в них не надо с нуля вкладываться. Так вот, возвращаясь к сырьевому мышлению, — в основе его лежит идеал натурального хозяйства: ты должен делать у себя всё, что только в твоих силах. А это неправильно. На самом деле ты должен делать немногие ключевые вещи.

КОГДА «СВОЁ» ДОРОЖЕ ПОКУПНОГО

— Ключевые вещи — это то, что ты хорошо умеешь делать?

— Да, но «уметь» тоже можно по-разному. У меня был случай: однажды нам понадобился сиффон, такая штука, как гармошка, ее используют в вакуумных установках. Мы поехали в Черноголовку, там говорят: да, мы умеем варить сиффон. Но они умеют в принципе их делать, индивидуальные: сиффон, условно говоря, «Вася», сиффон «Федя»... А сделать сиффоны одинаковыми не получается. Потому что для этого таких сиффонов нужно делать сотни. Один их сиффон отличался от другого по жёсткости в пять раз, для наших задач это не годилось. А есть компании, которые делают эти сиффоны на потоке, они получают одинаковые, и весь мир этим пользуется. Закон производства: чтобы хорошо делать какой-нибудь продукт, его нужно делать много. Тогда ты быстро выберешь все ошибки, быстро сделаешь специализированную оснастку, и продукция выйдет дешевле, чем у других.

— И только на больших объёмах, наверное, возможна стандартизация? Невозможно стандартизировать производство при объёме три штуки в год.

— Именно. А у нас на некоторых старых производствах аж печи были плавильные! Сами делают машины, а на производстве у них стоит плавильная печь. Варили у себя сталь, алюминий, лили из них детали.

— Но разве своё не дешевле?

— Это иллюзия. «Своё», сделанное на колёнке, получается дороже рыночного. А главная беда — хуже, потому что на маленьком объёме невозможно поставить технологию, технология ставится только на больших сериях. У себя надо сосредоточивать то, чего ты делаешь по-настоящему много, или то, что никто не делает вообще, остальное — покупать. По хорошей цене, нужного качества, нужного стандарта.

— То есть качество высокотехнологичной продукции — это не просто её способность

решать поставленные задачи, а ещё и возможность её стандартизации, совместимости, заменимости...

— Абсолютно. И обслуживания. Сломалось, например, у кого-то в лаборатории то, что я туда поставил десять лет назад. Значит, я должен, пусть за деньги, но обеспечить ремонт, и при этом чтобы длился он не сто лет, а как можно быстрее. Чтобы предприятие имело такую возможность, его продукция должна по максимуму опираться на стандарт, причём на мировой. Нельзя выдумывать стандарты самим. А если выдумываешь свои стандарты, изволь согласовывать их со всем миром.

— Стандартизация — это и есть выход на мировой рынок?

— Единственный.

— Но ещё и должна быть какая-то стандартизация в подготовке специалистов.

— Ну ... — заминается Быков, — конечно, она важна...

«Но» повисает в воздухе. Никто не хочет вкладываться в такое образование специалиста, которое он может унести в голове с собой и применить в любом месте. Компании выгодно учить молодого специалиста только тому, что специфично для её производственного процесса и больше нигде не применимо; этим логика бизнеса отличается от логики высшей школы с её прямо противоположной задачей.

— Специалисты должны хорошо знать базовые вещи и быть способными обучаться, — решает наконец Быков. — Это главное. Потому что в быстро меняющемся мире побеждает тот, кто быстрее учится.

БОТИНКИ ИЗ КОЖИ КРОКОДИЛА

— А что вы скажете о болонской системе как средстве стандартизации специалистов?

— Она мне не нравится. Мы просто создаём таким способом дополнительные возможности для утечки наиболее талантливых людей. Их же заранее видно. Он ещё даже и не специалист, бакалавр, недоучка, а его уже можно заманить на сторону.

— Лучше сразу запереть и никуда не выпускать?

— Нет, конечно. Я согласен, палкой делать бизнес никого не заставишь, а у нас сейчас не лучшие условия для развития бизнеса. Вроде есть деньги, есть Сколково, но всё равно система остается рискованной и репрессивной. Она предполагает, что всякий человек жулик и за ним надо очень бдительно следить. Но ведь с жуликами

всё равно работать нельзя, с них в смысле дела взять нечего. Поэтому нельзя на этом предположении строить свою экономику. Репрессивная система только плодит взыскателей и делает уязвимыми бизнесы. Из-за идеологии «все люди — жулики» обществу приходится содержать фантастическое количество контролирующих бездельников.

Встречался я недавно с таможенником. Сидит, вальяжный, ботинки на нём из крокодиловой кожи. «Научную продукцию — только через таможню, иначе нас засыплют наркотиками». Да у нас страна занимает одно из первых мест по потреблению наркотиков! Со всеми этими таможенниками в их крокодиловых ботинках, которые придумали, что если не растаможивать выставочную продукцию по две недели, то сейчас учёные им наркотиков понавезут! «А вдруг украдёт?» У меня акционерное предприятие, у кого я украду? У себя? Или налоговая инспекция беспокоится: освободишь им исследовательские работы от налога, они тут же и начнут одни исследовательские работы делать! Как будто наши исследования никому кроме нас не нужны.

— А они нужны? Я имею в виду, зачем вообще нужны микроскопы?

Повисает зловещая пауза.

Я успеваю порадоваться тому, что кабинет Быкова расположен невысоко, потому что меня сейчас вполне могут выкинуть в окно. Но Виктор Александрович решает по-другому.

— Человек — жадное и любопытное существо, — с нескрываемым одобрением говорит он. — Ему всё время что-нибудь надо. Он ещё сам не знает зачем, а ему уже надо. Нельзя всё сводить к чистому прагматизму.

— То есть мы делаем эти супердорогие и сложные установки...

— Для красоты. Чтобы понимать красоту мира.

ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ «НАСТОЯЩИЙ МОЗГ»

— Я правильно вас поняла, — осторожно уточняю я, — люди отдадут за ваше оборудование крупные деньги, прежде всего чтобы удовлетворить свои эстетические потребности?

— Они должны их удовлетворять. Если им не нравится картинка, они не купят микроскоп. Конечно, они ещё и могут с помощью всей этой красоты анализировать, напри-

мер, что бывает с нанотрубками, если они вдруг попадут в организм: ага, оказывается, они могут выводиться из организма, а думали, что не могут. И какая должна быть плотность кластеров серебра, чтобы, с одной стороны, мы не потеряли иммунитет, а с другой стороны, не разводились колонии микроорганизмов? И как сделать исключительно прочный материал. На эти вопросы тоже надо получить ответ, но при этом всё обязательно должно быть красиво. Потому что природа очень гармонична. Чтобы соответствовать, в прибор надо закладывать сразу много возможностей. Атомно-силовые микроскопы, к которым относятся зондовые, вообще хороши именно тем, что позволяют снимать много самой разной информации: распределение электрических полей, проводимости, жёсткости, распределение магнитных полей над образцом... Пока мы меряем какую-то одну характеристику, у нас есть огромный простор в выборе моделей, которыми её можно объяснить. Но когда характеристик получаешь сразу много, то количество моделей резко сокращается, сужается до такой, которая отражает реальность с высокой степенью объективности. Она многое объясняет и обладает предсказательной силой.

— Мы сейчас говорим об «увидеть» или «померить»?

— О том и другом. Мерить не всегда достаточно. Часто свойства материала объясняются не просто его химическим строением, а надмолекулярной структурой: как там молекулы уложены? Если они ориентированы, то в системе появится некая анизотропия, которую можно увидеть, а химически ничего не изменится. Или, например, синтезируют какой-нибудь из графенов. И возникает вопрос: интересно, в нём один или два слоя? Какая дефектность? А может ли на нём что-нибудь существовать? И оказывается, на этих графенах всегда вырастает по монослою кристаллической воды — её видно.

— Где предел того, что мы можем увидеть, и что нас лимитирует?

— На гладких поверхностях можно увидеть отдельные атомы и химические связи между ними. На шероховатых — уже нельзя, потому что зонд, которым мы «смотрим», — очень чувствительный элемент. Но если применить микромеханику и сделать такие хитрые зонды, которые бы меняли в процессе измерения свои характеристики в зависимости от того, с чем столкнутся... пока

никто этого делать не умеет. Но я думаю, скоро научимся.

— Зонды с обратной связью?

— Смотрите, — Быков крутит ладонью и шевелит пальцами, — вот рука. У неё много степеней свободы. А у зондового микроскопа вместо руки — «мотыжка», которая называется «кантилевер». Можно ли сделать его управляемым настолько, чтобы действительно «ощупывать» препарат: чтобы он менял свою форму по обстоятельствам, работал с обратной связью? Здесь нас лимитирует электронная начинка. Мы не можем сделать из кантилевера «руку», пока в приборах нет настоящих мозгов, а есть только примитивные.

— А чем «настоящий» мозг принципиально отличается от примитивного?

— Способностью решать некорректно поставленные задачи. Это принципиально. Новая элементная база, над которой мы сейчас думаем, будет способна решать уже и некорректно поставленные задачи. И она появится довольно скоро.

— У неё есть уже какое-то название?

— Да. Адаптивная логика*. Комбинация между аналогами синаптических систем на основе так называемых мемристоров и системами на основе обычных кремниевых технологий. Вот на таких устройствах уже можно делать настоящие мозги. Это нанoeлектроника в комбинации с микроэлектроникой. А пока, то что мы метафорически называем «мозгами компьютера», — это не мозги. У таракана и то лучше мозг.

— В каком смысле?

— В прямом. Поди поймай таракана. Или муху. Замучаешься...

*Адаптивная логика — это логика, которая, не ограничиваясь дихотомией «да» и «нет», допускает спектр промежуточных значений между ними. Приборы на основе адаптивной логики стали возможны благодаря появлению в ранних 1970-х мемристоров — резисторов «с памятью», используемых в нанoeлектронике. Сопротивление мемристора зависит от интеграла сигнала на входе и на выходе, причём, если ток выключить, оно сохранится таким, каким было в момент выключения, — то есть мемристор «запоминает» конечные условия. С конца XX века активно развивается программирование на основе адаптивной логики, создающее программный аналог естественных нейронных (синаптических) сетей — искусственную нейронную сеть. Устройства на основе адаптивной логики способны к обучению и самообучению, что делает их взаимодействие со средой более эффективным, чем у жёстко запрограммированных. Этот подход лежит, например, в основе значительной части автомобильной электроники, позволяя среди прочего автоматически регулировать жёсткость подвески в зависимости от состояния дороги, а самой машине — «приоравливаться» к стилю вождения человека за рулём.

● ПОДРОБНОСТИ ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

МИКРОСКОПИЯ ОТ «УВИДЕТЬ» ДО «ПОТРОГАТЬ»

Кандидат биологических наук
Денис АНДРЕЮК,
Елена ВЕШНЯКОВСКАЯ.

«Вся философия, — сказал интеллектуал XVII века Фонтенель, — основана на двух вещах: любопытстве и плохом зрении». Человек всё время пытается понять больше, чем может увидеть глазами. Поэтому первые микроскопы произвели в просвещённом европейском обществе фурор. Конструкция из выпуклых и вогнутых линз подтвердила то, о чём давно, но бездоказательно говорили натурфилософы: на самом деле вещи устроены совсем не так, как выглядят снаружи. На микроуровне гладкое оказывается шероховатым, сплошное — прерывистым, целое — состоящим из кусочков, и от устройства этих кусочков, возможно, зависят свойства целого. Энтузиазм, с которым был воспринят открывшийся глазу микромир, сравним разве что с сегодняшним пафосом нанотехнологий: казалось, ещё чуть-чуть, и человек увидит наконец собственными глазами, из чего состоит вещество; обнаружит гармонию, симметрию и эстетику, которую (как учила вся предшествующая умозрительная премудрость) Бог/природа заложили в материю с целью преподнести человеку некий моральный урок.

Реальность — к сожалению или к счастью — не оправдала этих страстных и нетерпеливых ожиданий. Вместо гармонии, симметрии и моральных уроков Левенгук показал человечеству сперматозоид, и это ещё был один из лучших результатов.

История не даёт точного ответа на вопрос, кто изобрёл первый микроскоп, она, скорее, склонна хранить имена тех, кто достиг в устройстве совершенства, нежели создателей сырого прототипа. Однако с высокой долей вероятности первенство приписывается Янсенам, голландскому семейному предприятию изготовителей очков для чтения, и датируется 1590—1595 годами. Известно, что янсеновский двухлинзовый микроскоп увеличивал в 9 раз и что оптика стала для Янсена-младшего полезным хобби — он промышлял чеканкой фальшивых монет.

В начале XVII века микроскоп представлял собой популярнейший гаджет — в любом уважающем себя доме ему полагалось украшать кабинет хозяина независимо от рода занятий последнего. Изготовление микроскопов для интерьера сделалось было хорошей коммерцией, но ненадолго, потому что научная применимость прибора вызывала всё больше скептицизма. В погоне за увеличением терялось разрешение — качество изображения было тем хуже, чем крупнее план. Кроме того, единственным способом зафиксировать картинку на бумаге был художественный талант наблюдателя, а сам наблюдатель часто грешил интерпретациями, вкладывая в описание картинку то, что он ожидал на ней увидеть. «Глаз пчелы имеет вид выпуклого овала, чёрного, испещрённого бесчисленными отверстиями, подобно напёрстку, и, что ещё удивительнее, мы видим, что эти поры представляют собой многоугольники, подобные сотам, и в них торчат волоски, как в порах человеческой кожи. Отверстия же не сквозные, а представляют собой углубления в роговице...» — это описание можно считать одним из наименее фантастических. Много и эффективно потрудившийся для науки голландец Николаас Хартсокер в 1694 году честно «увидел» внутри сперматозоона микроскопического младенца, а англичанин Вильям Крун в 1671-м — цыплёнка в зародыше куриного яйца.

Помимо добросовестных ошибок интерпретации, когда тени и помехи принимались за структурные особенности препарата, весьма относительная проверяемость данных, полученных под микроскопом, служила питательной средой для разного рода мошенников. Левенгуку довелось разоблачить одного из таких шарлатанов: «черви, пожирающие сукно», которыми сообразительный микроскопист запугивал сукноторговцев, оказались заранее нанесённой на линзы перфорацией.

Роберт Гук, рыцарь микроскопии и универсал, которого называли «английским Леонардо», удостоверил наблюдения самого Левенгука, и тот стал одним из главных участников научной коммуникации XVII века. Однако позже Генри Бейкер, английский натуралист и автор первых учебников по микроскопии, был вынужден констатировать, что Левенгук либо частично выдумал свои наблюдения, либо — что вероятнее — продемонстрировал Королевскому научному обществу наименее совершенные из своих инструментов,

а самые совершенные, которые сделали возможными его исключительные результаты, утаил. Антони ван Левенгук был коммерсант — всю жизнь успешно торговал гардинами, он и линзами впервые занялся, чтобы дотошно изучать качество тканей, — цену своим достижениям в области микроскопии, которым отлично понимал, и не стремился ими делиться.

Ко второй половине XVII века микроскопии уже удалось многое. Уже увидели эритроциты и двухклеточную стадию развития оплодотворённой лягушачьей яйцеклетки, уже Роберт Гук описал клетку пробки (и ввёл сам термин «клетка» в научный обиход), а Марчелло Мальпиги, анатом из Болоньи, показал, что кажущиеся однородными ткани человеческого тела имеют сложную структуру. «Но что это даёт практической медицине?» — спрашивал оппонент Мальпиги болонский профессор медицины Джироламо Сбаралли. Знание структуры костной ткани не помогает срывать переломы, наблюдения за сперматозоидами не способствуют лечению бесплодия; всё, что можно было сколько-нибудь достоверно увидеть в микроскоп, уже увидели. «Общеизвестно, что микроскопические исследования не принесли медицине никакой пользы», — резюмировал он.

Напрасно Гук в посвящённых микроскопии работах уверял, что главные открытия впереди. Научная общественность «голосовала ногами»: микроскопы перестали покупать. Из отрасли ушли деньги, и она замерла до 1830 года.

Дело в том, что микроскопы Левенгука «видели» так много и так хорошо отчасти потому, что были однолинзовыми. Громоздкие, неэстетичные и неудобные, при достаточной оптической силе линзы такие устройства позволяли получать высокоинформативные изображения, а в деле изготовления линз Левенгуку не было равных. Составные же микроскопы, удобные и элегантные кабинетные игрушки, которыми увлекалось большинство производителей XVII века, стремились наращивать увеличение, совмещая в своём устройстве несколько линз, однако результат получался, пусть и «крупнее», но гораздо менее информативный, дающий большой простор фантазии интерпретатора. Световые лучи преломляются под разными углами в зависимости от длины волны и, кроме того, по-разному отражаются от линзы в разных точках в зависимости от её кривизны, поэтому результирующая картинка,

наблюдаемая в составной микроскоп, окazyвалась «зашумлённой», искажённой по краям и тем более дефектной, чем больше использовалось линз. Только в 1830 году этот порок составных микроскопов удалось преодолеть, связав показатели преломления лучей с расстоянием между линзами. В конце XIX века лучшие микроскопы позволяли разглядеть структуры до одного микрона. Ещё сто лет потребовалось, чтобы достичь физического предела: с появлением конфокальных лазерных микроскопов границы «видимости» раздвинулись до теоретически возможных 200 нм. Однако уже в 1933 году был предложен способ, как перешагнуть и этот рубеж, такая возможность появилась с изобретением электронного микроскопа.

Сегодня в микроскопии сосуществуют на равных три её основных направления: оптическая, электронная и зондовая. Первые два похожи между собой по набору принципиальных возможностей и ограничений, а вот третье — зондовая микроскопия — отличается очень сильно. В чём же это отличие?

ОТ МИКРОСКОПА К «НАНОЩУПУ»

В фильме известного режиссёра Джима Джармуша «Ночь на земле» парижский таксист — грубоватый мужлан африканского происхождения — везёт слепую девушку, бледную, изящную и утончённую. Он её спрашивает: «Вы не носите чёрных очков, разве слепые не всегда носят чёрные очки?» На что она отвечает: «Понятия не имею! Я никогда не видела слепых». Но когда таксист решил из жалости скинуть четверть цены за поездку (по незнакомому для неё пути), девушка возмутилась и назвала правильную цену по счётчику с ошибкой меньше 1%. Она чувствовала расстояние!

Световой микроскоп — это прибор, предназначенный для усиления возможностей человеческого зрения. По сути, это очень сложная надстройка к глазу, изошёренная система линз и осветителей, увеличивающих объект и делающих его более контрастным. Естественно, то, что меньше 200 нм, в оптический микроскоп увидеть по-прежнему невозможно, но «невозможно» в микроскопии означает вот что. Точечные объекты всегда предстают перед «вооружённым глазом», как некое распределение оптического сигнала. По формальному критерию, принятому в аппаратных наблюдениях, они считаются отдельными, если распределение

сигнала от них перекрывается не больше, чем на две трети. Если они расположены так близко друг от друга, что перекрытие сигнала больше этого условного значения, наблюдатель обязан рассматривать объект как единственный.

Когда мы имеем дело с волной, мы не можем «собрать» её в пучок уже, чем половина её длины. Поэтому минимальное расстояние, на котором можно распознать объекты как отдельные, это половина длины волны излучения, создающего оптический сигнал. Видимый глазом свет имеет длины волн от 400 (синий) до 750 (красный) нм. То есть если наблюдение проводить в синем свете, то принципиальным ограничением как раз и будут те самые 200 нм. Следовательно, «последнее», что видно в оптический микроскоп, это некоторые внутриклеточные структуры: например, митохондрии или ядро. Можно увидеть и хромосому, а вот ДНК внутри хромосомы — уже нет, потому что диаметр нити ДНК — всего 2,5 нм.

Этот физический барьер преодолевают электронные микроскопы. Они работают по тому же принципу, что оптические, только вместо луча света используется пучок электронов, потому что его длина волны значительно короче — десятые и сотые доли нанометра. Однако электрон, во-первых, всё «бомбит» на своём пути, будучи высокоэнергетической частицей, а во-вторых, разгоняется только в вакууме, соответственно в вакууме должен находиться и препарат. Поэтому «живые» образцы исследовать методами электронной микроскопии невозможно.

Сканирующая зондовая микроскопия, которая появилась в 80-е годы прошлого века, основана на совершенно ином принципе. Такой микроскоп не «видит», а «чувствует» объект с помощью специальной иголки — зонда. Зонд позволяет регистрировать очень слабые взаимодействия (притяжение, отталкивание, электрический ток), которые возникают между атомами острия зонда и атомами поверхности. Зондовый микроскоп последовательно ощупывает исследуемый участок поверхности — сканирует его, строчка за строчкой.

Такой подход имеет свои плюсы и свои минусы. Например, если человек действует только на ощупь, он не знает, прозрачен предмет перед ним или нет. Так и СЗМ (сканирующая зондовая микроскопия) даёт информацию только о поверхности объекта. Правда, в отличие от человека,

прибор может собирать гораздо больше информации о ней. Например, зонд может «чувствовать» распределение магнитных полей над поверхностью, строить карту вольт-амперных характеристик или определять степень «липкости» (по-научному — адгезивности) в каждой точке исследуемого участка. И всё это с пространственным разрешением вплоть до единиц нанометров (разрешение определяется только тем, насколько острый у зонда кончик, который непосредственно взаимодействует с образцом).

Ещё одно принципиальное отличие СЗМ от двух других разновидностей микроскопии — световой и электронной состоит в том, что сканирующий микроскоп строит карту поверхности с точными количественными значениями измеряемого параметра в каждой точке. Например, в самом простом случае это рельеф. Поскольку микроскоп совершенно точно «знает», на какую высоту ему пришлось поднять или опустить зонд, прежде чем остриё коснулось поверхности, любые две точки на исследуемом участке можно сравнить между собой. Но если глазом на местности (или «усиленным» глазом в микромасштабе) мы в лучшем случае можем качественно сравнить две неровности (выше-ниже), то СЗМ нам даст точное количественное значение — точка А находится на 27,3 нм выше, чем точка Б.

Специалисты утверждают, что 70% людей большую часть информации о внешнем мире получают через зрение. Однако у каждого из нас есть несколько каналов, по которым мы можем, хотя бы потенциально, исследовать мир, — зрение, осязание, вкус, обоняние, слух, некоторые говорят ещё об интуиции... Наверно, было бы здорово соединить вместе сразу несколько разновидностей микроскопии, чтобы воспользоваться преимуществами каждого из подходов. Именно в этом направлении шло развитие СЗМ, и, как оказалось, естественное и понятное желание исследовать один и тот же объект всесторонне, привело к совершенно неожиданным результатам.

«ОДИНОКИЙ ГОЛОС» МОЛЕКУЛЫ

За более чем четырёхвековую историю существования световой микроскопии учёные приспособили свет для получения гораздо более обширной информации об объекте, чем просто возможность его рассмотреть. Например, умение раскладывать свет в спектр, то есть анализировать соотношение разных по характеристикам

квантов, открыло путь для спектроскопических исследований. Луч света может взаимодействовать с веществом, при этом соотношение квантов с разными характеристиками (спектр) меняется. Облучая образец светом известного состава и анализируя спектр отражённого или прошедшего насквозь света, мы можем очень много узнать о том, какие молекулы входят в состав образца и как они связаны друг с другом, в каком состоянии находится кристаллическая решётка кристалла, есть ли в ней напряжения, дефекты, и получить ещё много другой полезной информации.

Понятно, что любой из методов оптической спектроскопии основан на использовании луча света, а значит, ограничен в пространственном разрешении физическим пределом в 200 нм. Именно такой минимальный диаметр пятна, в которое мы можем сфокусировать луч синего света с помощью самой совершенной оптики. Поэтому в лучшем случае у нас получится «познакомиться» одновременно с несколькими сотнями, иногда десятками молекул, но никогда — с одной молекулой.

Есть ещё одна проблема — интенсивность сигнала. Представим, что на рок-концерте исполнитель предлагает: «А теперь все вместе!» И половина слушателей (которые знают слова) начинают петь. Получается тише, чем в динамиках, но всё-таки слышно. А если вдруг музыкант со сцены позовет Васю и Вася откликнется, то его за шумом никто не услышит. Услышать «голоса молекул» помогает исследователю один из самых востребованных сегодня методов — спектроскопия комбинационного рассеяния. Она даёт информацию и о том, какие молекулы есть в образце (своего рода химический анализ), и о том, в каком состоянии эти молекулы находятся. Но комбинационное рассеяние квантов света происходит редко — из 10 миллионов квантов, которые падают на молекулу, только один рассеивается с потерей энергии (именно эта потеря и даёт характерное изменение спектра). Если у нас миллион одинаковых молекул, то со временем мы сможем накопить достаточное количество «изменённых» квантов, чтобы их можно было достоверно зарегистрировать — выделить из шума и посчитать. Но если мы хотим обнаружить только одну молекулу, придётся ждать годы!

Когда исследователи соединили вместе оптический микроскоп с зондовым, просто для того, чтобы и видеть и чувствовать объект одновременно, проблема спектроско-

пии молекул разрешилась неожиданным образом.

Дело в том, что на наноразмерных неровностях свет ведёт себя особым образом. В частности, теория предсказывает, что при определённых соотношениях материала, размеров и формы наночастиц сигнал комбинационного рассеяния на них может усиливаться в миллионы раз. Это свойство света оказалось бесценным для исследований в наномасштабе. Представим себе луч лазера (в современных оптических микроскопах используется именно такой свет), сфокусированный в пятнышко диаметром 200 нм, и внутри этого пятнышка находится зонд с наночастицей серебра на острие. При сканировании поверхности исследователь получает сигнал комбинационного рассеяния из каждой точки одновременно с данными о высоте рельефа, а также об отражении и пропускании света. Если в процессе сканирования в пятно света попадёт интересующая нас молекула, она начнёт давать сигнал, но сигнал будет очень слабым, и мы его не сможем заметить. Но как только молекула окажется вблизи от наночастицы серебра на острие зонда, сигнал от неё возрастёт многократно и станет вполне измеримым.

Отечественный прибор Интегра Спектра, в котором соединены вместе два микроскопа — оптический и зондовый, был включён в престижный список 100 лучших мировых разработок, по версии американского журнала R&D* за 2006 год, когда стало понятно, что такое соединение позволяет сразу решить две проблемы — слабого сигнала комбинационного рассеяния и низкого пространственного разрешения оптических методов спектроскопии в целом. В 2010 году две лаборатории — в Швейцарии и в Великобритании — независимо друг от друга получили с помощью российского прибора разрешение при спектроскопии молекул 15 и 14 нм, соответственно.

Не следует думать, что пространственное разрешение до молекул методами зондового сканирования — это тривиальная задача. Поражающая воображение картина атомной решётки, «увиденной» с помощью зондового сканирующего микроскопа, на самом деле изображает не непосредствен-

но атомы, а распределение туннельного тока между металлической иглой зонда и поверхностью в разных точках. Конечно, можно достаточно уверенно сказать, что такое распределение, скорее всего, обусловлено атомарной решёткой и что рисунок этих «круглых горбушек», скорее всего, отражает строение атомарной решётки. Но это не значит, что мы «ткнули» в атом иглой и «ощупали» его. За возможность «увидеть» с помощью туннельного сканирования атомную решётку Герд Карл Бинниг и Генрих Рёбер из цюрихской лаборатории ИВМ получили Нобелевскую премию в 1986 году. Но на то, чтобы «ощупать» атом зондом непосредственно, потребовалось ещё пятнадцать лет.

Сейчас это умеют делать научные микроскопы в специальной комплектации. Разумеется, зонды тоже нужны специальные, потому что у двадцатидолларового кремниевоего зонда радиус кривизны примерно 10 нм, а атомный масштаб — это доли нанометра. Нанометровые зонды производители делают каждый по-своему: кто выращивает усик, кто приклеивает нанотрубку, кто затачивает острие ионным пучком. Общего между такими зондами только цена: порядка тысячи долларов. «Поскрести атом» — это пока весьма дорогое удовольствие.

Зато «поскрести иголочкой молекулу» потенциально может уже любой старшеклассник.

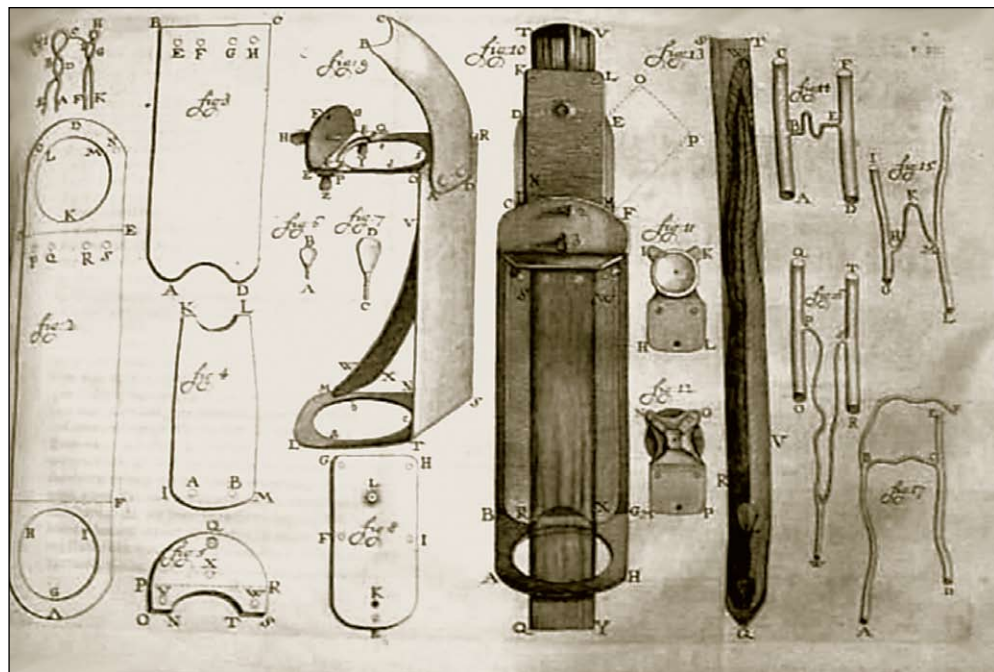
МИКРОСКОП «АНТИВАНДАЛЬНЫЙ»

Прибор под названием Наноздьюкатор похож одновременно на кухонный тостер и на антивандальную телефонную будку, и это сходство не случайно.

Идею подал Жорес Алфёров ещё в 2002 году. Уже было понятно, что зондовый микроскоп станет одним из главных инструментов для работы в наномасштабе, и появилась революционная мысль: сделать сканирующий зондовый микроскоп для студентов.

Революционная — потому, что профессиональный зондовый микроскоп — устройство хрупкое, нежное и дорогое. Студентов к нему не подпускают по двум причинам: во-первых, студент его почти наверняка сломает, а во-вторых, купить новый на замену мало какой отечественной лаборатории по карману, не говоря о средней школе. Учебный прибор по определению должен быть на сто процентов fool-proof — «дуракоустойчивым», дешёвым

*R&D — американский журнал Research & Development («Исследования и разработки»). Каждый год он составляет список ста самых интересных разработок мира, коммерциализованных в прошедшем году, причём оценивается именно идея. В своё время в список R&D-100 попадали фотовспышка, ксерокс, пластырь от курения, HD-телевизоры.



Страница из труда Генри Бейкера — своеобразного «учебника микроскопии» — изображает однолинзовый микроскоп его современника Левенгука.

Разница между открытой и закрытой платформами делается понятна при взгляде на микроскопы Интегра (слева) и Солвер (справа: первая требует изощрённого мастерства и позволяет сконфигурировать практически любой набор функций; второй автоматизирован настолько, что к нему можно безбоязненно подпустить начинающего микроскописта.



в эксплуатации — и при этом оставаться зондовым микроскопом.

Решением этой парадоксальной задачи стал Наноздьюкатор.

В профессиональных научных приборах для СЗМ важный элемент сам зонд — кремниевая «иглочка», обычно ещё и подвешенная на кремниевой «ниточке». Конструкция хрупкая, ломается легко, для научной лаборатории — расходный материал, потому что стоит порядка 20 долларов. Но тратить 20 долларов за один урок для школьников или студентов в 2002 году было нереалистично. Поэтому принципиальными в разработке стали «неубиваемость» учебного прибора и его дешевизна. Корпус Наноздьюкатора согнут из металла, вся начинка жёстко прикручена внутри, а зондом в учебной модели служит вольфрамовая проволока — дешёвая, поставляется сразу метрами. Из проволоки электротехническим способом вытравляется заострённая вольфрамовая игла, которую можно затачивать самостоятельно неограниченное количество раз. Интересен и интерфейс — несколько приборов соединены в сеть, а преподаватель со своего компьютера может не только видеть, что делает каждый из студентов на своём приборе, но и перехватывать управление, если студент слишком уж очевидно намеривается совершить ошибку. Возможно и дистанционное управление по сети интернет.

Вторая версия Наноздьюкатора получила признание в R&D-100 в 2011 году за идею универсального «микроскопа-трансформера». Дело в том, что если заменить вольфрамовый зонд Наноздьюкатора на стандартный кремниевый, то школьный тренажёр превращается в полноценный научный прибор.

Новый Наноздьюкатор логично замкнул продуктовую линейку компании НТ-МДТ. Это младший брат другого лауреата списка R&D-100 — Солвера Некст, который по революционности заложенной в него идеи можно сравнить в области фотографии — с «цифровой мыльницей», а в автомобильной истории — с автоматической коробкой передач.

ЧЕТЫРНАДЦАТЬ МОТОРОВ ВМЕСТО ДЕСЯТИ ПАЛЬЦЕВ

Один из самых мощных трендов во всех наукоёмких отраслях — создание прибора настолько «самостоятельного», чтобы за него можно было посадить любого неподготовленного человека. Солвер Некст

— образец вторжения этой идеологии туда, где она казалась неприменимой. Десятки настроечных винтиков, которые в микроскопах с открытой платформой человек крутит пальцами, в Солвере Некст заменяют четырнадцать моторов. Настройки программируются автоматически. Оператору в большинстве случаев остаётся вставить образец и несколько раз нажать на кнопку в управляющей программе.

Про учёных часто говорят: у одного «есть руки», и у него прибор работает, а у другого «руки не так растут», и прибор барахлит. Чтобы получить результат на зондовом микроскопе, мало просто крутить, надо очень многое чувствовать буквально на кончиках пальцев. Поэтому мотор очень отличается от человеческих рук, и сделать его если не таким же, то почти таким же «умным» — задача из категории вызывающих. Во-вторых, моторы шумят. Размещать рядом с иглочкой, которая чувствует нанометры, источник механической вибрации — это всё равно, что проигрывать виниловую пластинку, скача верхом на лошади. Поэтому не удивительно, что первая версия Солвера задержалась с выпуском года на два против плана, прежде чем всё заработало и смогло быть сертифицировано по международным стандартам зондовой микроскопии.

Продолжая аналогию с автоматической коробкой передач, которую некоторые считают решающим фактором эмансипации женщин, «эмансипирующий эффект» Солвера Некст трудно переоценить. Традиционно люди, работающие с зондовыми микроскопами, приобретают свою квалификацию годами. (И это ещё неплохо, потому что на то, чтобы в совершенстве освоить электронный микроскоп, нужны десятилетия.) Студент начинает работать с прибором на четвёртом курсе — осторожно и под присмотром; потом защищает диплом по зондовой микроскопии и ещё три года работает в ней как аспирант, прежде чем наконец делается не страшно подпустить его к прибору одного. А за Солвер можно посадить лаборанта, вчерашнего школьника, вооружённого пошаговой инструкцией, где первым пунктом идёт «включить в розетку», и пока он будет делать тысячи рутинных измерений, учёный может заняться наукой. Кажется, это называется разделением труда.