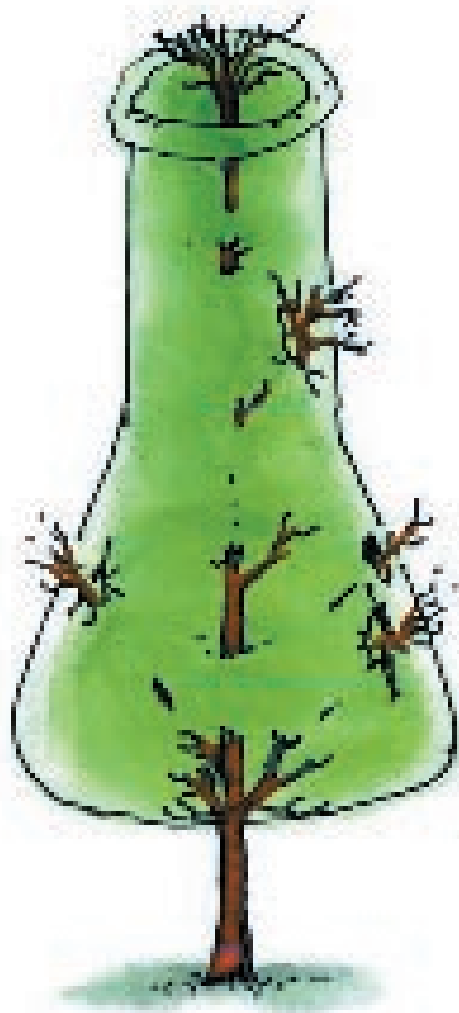


Қ

ҒАЖАМЖА И ЯИИИИИ







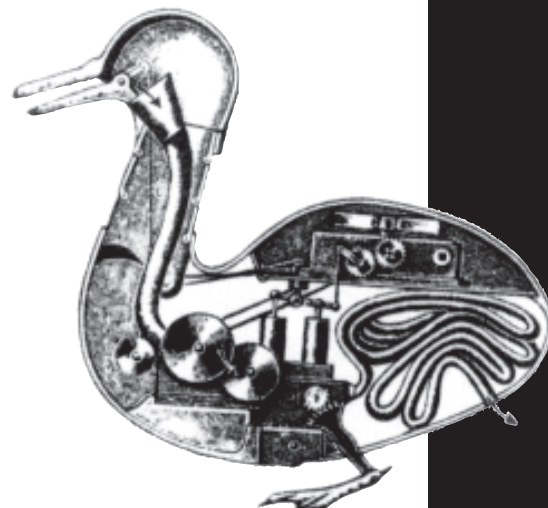
*Если удалось с первого раза,  
попытайтесь  
скрыть удивление.*

*«Закон Мельника»*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок Н.Кращина  
к статье «Зеленая химия»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина  
Энди Уорхола «Проект воскресного ландшафта».  
Современная цивилизация относится к окружающему  
миру как к источнику промышленного сырья и места  
для складирования отходов. Но можно жить и по-другому.  
Об этом читайте в статье «Сам Бог велел...»*







**СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:**  
 Компания «РОСПРОМ»  
 М.Ю.Додонов  
 Московский Комитет образования  
 А.Л.Семенов, В.А.Носкин  
 Институт новых технологий  
 образования  
 Е.И.Булин-Соколова  
 Компания «Химия и жизнь»  
 Л.Н.Стрельникова

Зарегистрирован  
 в Комитете РФ по печати  
 17 мая 1996 г., рег.№ 014823

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

Главный редактор  
 Л.Н.Стрельникова  
 Главный художник  
 А.В.Астрин  
 Ответственный секретарь  
 Н.Д.Соколов

Редакторы и обозреватели  
 Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,  
 Л.А.Ашкинази, В.Е.Жвирблис,  
 Ю.И.Зварич, Е.В.Клещенко,  
 С.М.Комаров, М.Б.Литвинов,  
 О.В.Рындина, В.К.Черникова

Производство  
 Т.М.Макарова  
 Служба информации  
 В.В.Благутина

Агентство ИнформНаука  
 О.О.Максименко, Н.В.Маркина,  
 Н.В.Пятосина, О.Б.Тельпуховская  
 textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 12.05.2004  
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт  
 энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47  
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

Адрес редакции:  
 105005 Москва, Лефортовский пер., 8

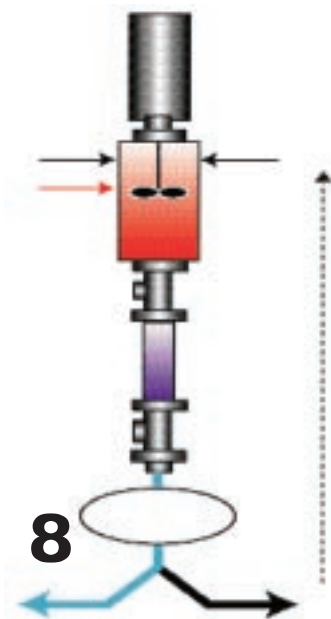
Телефон для справок:  
 (095) 267-54-18,  
 e-mail: redaktor@hij.ru

Ищите нас в интернете по адресам:  
<http://www.hij.ru>;  
<http://www.informnauka.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
 на «Химию и жизнь — XXI век»  
 обязательна.

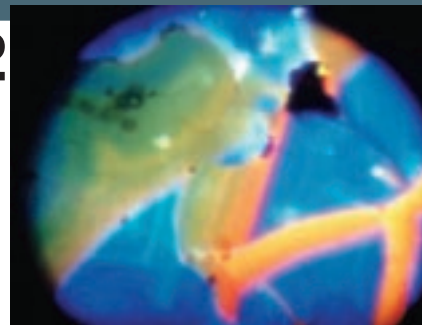
На журнал можно подписаться  
 в агентствах:  
 «Роспечать» — каталог «Роспечать»,  
 индексы 72231 и 72232  
 (рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)  
 «АРЗИ» — Объединенный каталог  
 «Вся пресса», индексы — 88763 и 88764  
 (рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)  
 «Вся пресса» — 787-34-48  
 «Информсистема» — 124-99-38, 127-91-47  
 «Интерпочта» — 925-07-94, 921-29-88  
 ООО «Урал-Пресс» — 214-53-96  
 ООО КА «Союзпечать» — 319-82-16  
 На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство  
 научно-популярной литературы  
 «Химия и жизнь»



Химия и жизнь — XXI век

12



Электронная микроскопия скоро  
 станет цветной?

Первый принцип зеленой химии:  
 лучше не создавать отходов,  
 чем потом искать способы  
 переработки и очистки.

**ИНФОРМАУКА**

ВЗГЛЯД СКВОЗЬ СТЕНУ .....	4
МОЛЕКУЛОЙ ЖИЗНИ УПРАВЛЯЕТ ВЕРОЯТНОСТЬ .....	4
АПОПТОЗ + РАДИАЦИЯ = АКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ .....	5
КАМЧАТСКИЙ КРАБ ЛЕЧИТ ОЖОГИ И ЯЗВЫ .....	5
ТРУДОВАЯ МИГРАЦИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ .....	6
ПОРТРЕТ ЧЕЛОВЕКА ДРЕВНЕЙ РУСИ .....	7

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

М.Поляков ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ: ОЧЕРЕДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ? .....	8
О.О.Максименко, С.М.Комаров АРСЕНАЛ УЧЕНОГО XXI ВЕКА: ШЕСТЬ СПОСОБОВ УВИДЕТЬ НЕВИДАННОЕ .....	12

**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**

С.С.Бердонос, И.В.Знаменская ЦВЕТОЧКИ ДЛЯ ДЮЙМОВОЧКИ .....	20
---	----

**ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА**

Л.Хатуль ЭЛЕКТРОНЫ И УГЛЕРОДНЫЕ ТРУБЫ .....	22
--	----

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

Е.П.Харченко, М.Н.Клименко ПЛАСТИЧНОСТЬ МОЗГА .....	26
--	----

**РАССЛЕДОВАНИЕ**

Л.Намер СКАЗАЛ ЛИ КТО-ТО «МЯУ»? .....	34
--	----

**РАДОСТИ ЖИЗНИ**

И.Леенсон ЗОЛОТО В БУТЫЛКЕ .....	37
-------------------------------------	----

**РАССЛЕДОВАНИЕ**

А.Ю.Абрамский, И.А.Леенсон В ЧЕМ ЕЩЕ РАСТВОРЯЕТСЯ ЗОЛОТО? .....	38
--	----

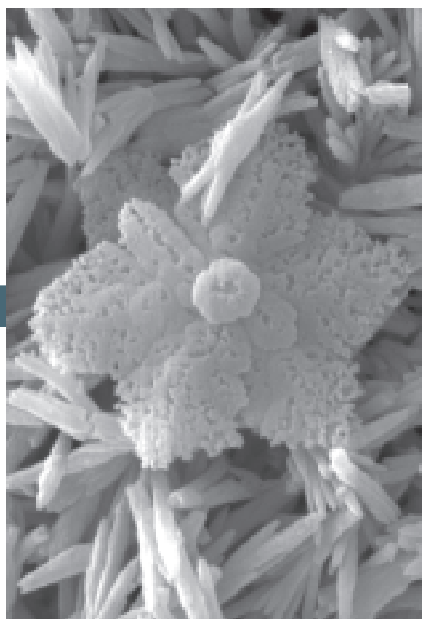
**СОБЫТИЕ**

ВСТРЕЧА ГИГАНТОВ .....	39
------------------------	----

**ПОРТРЕТЫ**

К.М.Кусаинова НЕТ НИ КИСЛОТ, НИ ОСНОВАНИЙ! .....	40
---	----





При взаимодействии нитрата кальция с карбонатом натрия в водном растворе получается очень маленький цветочек.

20



56

Дался нам этот хвост!  
Вон у самого-то человека голое,  
плоское, противное  
(с точки зрения крысы) лицо...

20



В номере

4

**ИНФОРМНАУКА**

Про тепловизор, позволяющий увидеть человека сквозь стену, про вероятностную регуляцию активности генов, про лекарство, заживляющее ожоги, из ферментов камчатского краба и тонкие нюансы психологии жителей Древней Руси.

26

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

Парадоксальный пример пластичности мозга — случай гидроцефалии у математика, приведшей к утрате почти 95% коры и не повлиявшей на его высокие интеллектуальные способности. Журнал «Science» опубликовал по этому поводу статью «Действительно ли нам нужен мозг?»

34

**РАССЛЕДОВАНИЕ**

Почти все, кто пишет о стеганографии, приводят в пример послание, которое было написано на обритой голове курьера и скрыто затем под отросшими волосами. Хотя этот способ тайной переписки как раз и не является стеганографией...

48

**ПОРТРЕТЫ**

Спросите химика, кто автор кислотно-основной теории, и услышите в ответ фамилии Аррениуса, Лоури, Бренстеда, Льюиса... Мало кто вспомнит о М.И.Усановиче. Между тем его обобщенная теория кислот и оснований применяется при теоретической интерпретации химических процессов.

**ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ**

А. Сисакия  
«ЛЕТИТ ЛИШЬ ТЬМА БЫСТРЕЕ СВЕТА» ..... 45

**ИНФОРМНАУКА**

«ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ» — 2004 ..... 46  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС — НЕ ВСЕГДА КАТАСТРОФА ..... 46  
NO И ИНФАРКТ ..... 47

**ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ**

А. Горяшко  
САМ БОГ ВЕЛЕЛ... ..... 48

**ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ**

А. Е. Чегодаев  
ПУСТЫННЫЙ КРОКОДИЛ, ИЛИ СЕРЫЙ ВАРАН ..... 52

**МОЛЕКУЛЫ ЖИЗНИ**

М. Литвинов  
МАЛЫЕ МОЛЕКУЛЫ ОРГАНИЗМОВ ..... 54

**ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ**

А. А. Каменский  
ДЛИННОХВОСТЫЕ СОСЕДИ ..... 56  
Г. С. Ерёмкин, В. А. Никулин  
КАК РАСТЕТ ФИЛИНЕНОК? ..... 60

**ФАНТАСТИКА**

В. Кирпичев  
АМЕРИКАНСКИЙ АКВАРИУМ ..... 66

**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**

Л. Намер  
ЛУЧ СВЕТА В МЫЛЬНОМ ЦАРСТВЕ ..... 72

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	18	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	70
РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ	32	ПИШУТ, ЧТО...	70
ИНФОРМАЦИЯ	64	ПЕРЕПИСКА	72

# ИнформНаука

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

### Взгляд сквозь стену

*Прибор, придуманный и разработанный московскими физиками, видит человека сквозь метровую кирпичную стену, стальные тросы внутри бетонных металлоконструкций, пояс со взрывчаткой под одеждой, скрытый очаг восплавления. Называется он супергетеродинный тепловизор субмиллиметрового диапазона, а провести необходимые исследования и создать лабораторный макет прибора с фантастическими возможностями ученые смогли при финансовой поддержке двух фондов — РФФИ и Фонда содействия развитию МП НТС (goltsman00@mail.ru).*

Тепловизор, сконструированный московскими физиками, никогда не попал бы в такую нелепую ситуацию, в которой однажды оказались «чудо-целители». В период повального народного увлечения экстрасенсами ученые проработали нехитрый эксперимент. Экстрасенсы входили в комнату и ставили диагноз «тому, кто за ширмой», например говорили, что у него биополе в провалах и с хвостом, проблемы с печенью, сердцем, простатой, яичниками — далее по списку. Лишь один испытуемый специалист из области паранормальных явлений засомневался — да живой ли он там, за ширмой. А за ширмой, как вы догадались, никого и не было.

Супергетеродинный тепловизор субмиллиметрового диапазона волн, который разработали сотрудники Московского педагогического государственного университета и их коллеги из Инженерно-технологического центра «СКАНЭКС», сразу бы и сказал, вернее, показал на экране компьютера: «Да нет за ширмой ничего, что отличалось бы своей температурой от фона хотя бы на градус».

С помощью этого прибора можно получить изображение предмета в той области спектра электромагнитных волн, в которую до сих пор почти никто не совался. Это пограничный диапазон — самые длинные из ИК-волн и самые короткие из радиодиапазона.

Суть в том, что волны этого диапазона — еще тепловые волны, но уже способны проходить через препятствия, которые совершенно непробиваемы для обычных ИК-волн. Для обычных ИК-волн прозрачны только некоторые материалы, такие, как бромид калия, кварц и еще несколько. Потому-

то и видят обычные тепловизоры только то, что лежит на поверхности. А этот увидит и то, что скрыто: не важно, под одеждой ли или под слоем бетона.

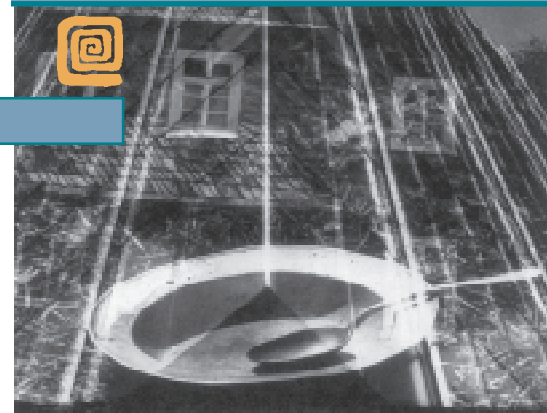
Создать прибор позволило устройство, которое и придумали ученые. В традиционных полупроводниковых материалах, так называемых вафлях, изготовленных на основе арсенида галлия, ученые сумели методом фотолитографии сделать особые плоские слои, в которых электронный газ (упрощенно говоря, электроны) заключен в замкнутом пространстве между другими слоями, как начинка в пироге. Причем выскочить в другую плоскость электроны не могут.

Эти электронные прослойки вместе с плоскими антеннами, сформированными в тех же вафлях, позволяют поймать электромагнитные волны нужного диапазона и преобразовать их сначала в обычный электрический сигнал, а затем в изображение. А в конечном счете увидеть, кто же там спрятался за стеной.

«На самом деле мощность излучения этого диапазона у обычных тел невелика, поэтому его так трудно поймать, — говорит руководитель проекта — профессор, доктор физико-математических наук Г. Гольцман. — Теперь мы умеем это делать с помощью разработанного нами приемника-преобразователя и сложной оптической схемы прибора. Если же мощности все равно не хватает, объект можно подсветить дополнительно и получить его изображение либо на просвет, как в рентгене, либо с помощью отраженных волн».

Метод хорош тем, что объект можно изучать без какого бы то ни было на него воздействия, то есть в пассивном режиме. Представьте себе, как удобно проходить обследование у врача, не раздеваясь: прибор измерит излучаемый пациентом невидимый свет и на экране компьютера покажет врачу, нагревается ли тело пациента равномерно, или где-то внутри есть источники более интенсивного теплового излучения — очаги воспаления. Охранникам это тоже должно понравиться: спрятанная под одеждой взрывчатка или оружие нагревается не так, как тело, и не полностью пропускает его излучение. А можно контролировать, скажем, состояние стальных тросов или опор в бетонных конструкциях, но тут, конечно, объект придется дополнительно «подсвечивать».

Пока все это лишь заманчивые перспективы, но вполне достижимые. В этом убеждают возможности действующей лабораторной установки и огромный опыт ученых. Уже сейчас они могут продемон-



стрировать изображение, скажем, чуть нагретой палочки или, наоборот, палочки комнатной температуры на фоне чуть охлажденного экрана с точностью до нескольких миллиметров. Палочки, скрытой от глаз бумагой, пластмассой или фанеркой. Или (это не шутка!) точно сказать, есть ли человек за кирпичной стеной.

## БИОФИЗИКА

### Молекулой жизни управляет вероятность

*Благодаря биофизикам из Института молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН (gursky@eimb.ru), Физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова и компании «Биоаналитические технологии» (pech@imb.ac.ru, pech@smtp.ru) статистика достигла самой интимной стороны жизни — регуляции работы генов. Изучение вероятностных аспектов молекулярной биологии поддерживают РФФИ и фонд ИНТАС.*

Регуляция работы генов — одна из важнейших биологических проблем, не решенная до сих пор. Клетка включает и выключает свои гены при посредстве многочисленных факторов, которые, когда нужно, взаимодействуют с определенными участками хромосомы или же, наоборот, их покидают. В то время как молекулярные биологи отыскивают механизмы, обеспечивающие точную и бесперебойную регуляцию работы генома, биофизики не устают повторять, что это процесс статистический, то есть вероятностный, поэтому абсолютно точным быть не может. Сотрудники Института молекулярной биологии им. В.А.Энгельгардта РАН и Физического факультета МГУ при участии коллег из Университета Гумбольдта (Германия) получили уравнения, позволяющие



статистически оценивать взаимодействие регуляторных факторов с ДНК.

По мнению биофизиков, молекулы внутри клетки перемещаются столь же свободно, как и в капле экспериментального раствора: где-то их становится чуть больше, где-то меньше. Даже незначительное местное изменение концентрации молекул, способных взаимодействовать с ДНК, может повлиять на это взаимодействие. Поэтому, если две клетки, обладающие одинаковым набором генов, явно отличаются друг от друга, этим они обязаны именно статистическим отклонениям. Измерить изменения концентрации в экспериментальных системах невозможно, поэтому ученые создают математические модели. Правда, эти модели далековаты от реальности (в природе нет ни бесконечной ДНК, ни ДНК, сплошь усаженной белками), но они позволяют оценить вклад случайности в святая святых клетки — регуляцию работы генов. А вклад этот велик.

Иногда из-за статистической разности концентрации на участке ДНК вместо, скажем, десяти регуляторных молекул может оказаться от 8 до 12. Величина помех порой достигает 17%.

Еще одна причина помех — конкуренция.

Говоря о регуляции работы того или иного гена, ученые обычно подразумевают специфическое взаимодействие определенных молекул с конкретными участками ДНК. Но, помимо специфического взаимодействия, существует и неспецифическое. С ДНК способны связываться многие молекулы, и они это делают лишь потому, что оказались рядом. Случайная связь не так крепка, но зато на ДНК может насест много посторонних молекул, которые мешают специфическому взаимодействию генов с регуляторными белками. Все теоретически возможные случаи конкуренции за физический контакт с ДНК тоже поддаются математическому описанию.

С точки зрения биофизиков, ДНК с адсорбированными на ней белками можно рассматривать как сообщение, в котором значимую информацию несет не только число связанных белков, но и мера отклонения этого числа от среднего значения. Исследователи убеждены, что регуляцию работы генов невозможно исследовать, не привлекая статистической термодинамики систем с малым числом частиц. Правда, объекты статистической термодинамики существуют не в живой клетке, а в пробирке с раствором сложного состава, но авторы математических моделей обычно пренебрегают разницей.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

### Апоптоз + радиация = активное долголетие

*Жизнь многоклеточных организмов невозможна без запрограммированной клеточной гибели (апоптоза), которая регулирует развитие, тканевый гомеостаз, клеточный ответ на повреждения ДНК и старение. Специалисты Института биологии Коми Научного центра УрО РАН и Сыктывкарского государственного университета считают даже, что апоптоз может выступать в роли механизма антистарения. Исследование финансирует грант президента РФ по государственной поддержке молодых российских ученых и Президиум УрО РАН (moskalev@ib.komisk.ru).*

И старение, и апоптоз удобно изучать на дрозофиле. Про эту муху практически все известно, а апоптоз — механизм консервативный. Что верно для мухи, справедливо и для остальных многоклеточных существ. Кроме того, апоптоз у него можно в некоторых случаях увидеть вооруженным глазом. Для этого ученые в течение 10–12 дней подвергали личинки дрозофилы гамма-облучению, через некоторое время выделяли у них нервные ганглии и окрашивали флуоресцентным красителем. Апоптоз оценивали, наблюдая окрашенные препараты под микроскопом и подсчитывая светящиеся желто-красные точки в каждом поле зрения. Выяснилось, что облучение стимулировало апоптоз в нервных узлах — его стало в 2,5 раза больше по сравнению с контролем.

Исследователи препарировали не всех облученных личинок, некоторым дали превратиться во взрослых мух и затем наблюдали, как они стареют. Изменение скорости старения ученые оценивали по двигательной активности мух. Каж-

дые семь дней насекомых по одному вытряхивали в стеклянную трубочку, стоящую вертикально. Мухи ползли вверх, а исследователи отмечали высоту, пройденную за 15 секунд: чем быстрее ползла муха, тем медленнее она старела. Гамма-облучение увеличивает двигательную активность мух по сравнению с необлученными насекомыми на 14% на 13-е сутки и на 27% на 20-е сутки. На столько же увеличилось число мух, доживших до этого возраста, то есть тех, у которых старение замедлилось.

Эффект был особенно заметен, когда ученые облучали личинок мутантных мух, у которых апоптоз в нервной системе после облучения протекает гораздо интенсивнее. Такие чувствительные мухи и движутся потом раза в два активнее обыкновенных. У линий мух со сниженной чувствительностью к индукции апоптоза достоверных изменений в скорости старения не обнаруживали.

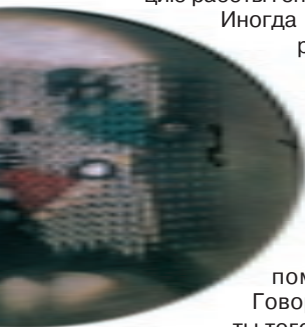
Исходя из этих данных, ученые предположили, каким образом апоптоз может влиять на скорость старения. Не исключено, что в любой ткани есть разнородные по чувствительности к повреждению клетки. Одни клетки обладают мощной системой защиты, другие — гораздо более слабой. Клетки с ослабленной защитой накапливают повреждения и стареют быстрее, чем устойчивые. Большое количество таких потенциально опасных клеток в ткани может быть причиной преждевременного старения всего организма. Однако апоптоз, вызванный вредным воздействием, например облучением, ликвидирует клетки с ослабленной защитой и отдалает возрастные изменения. Иными словами, вызванный на личиночных стадиях развития апоптоз может выступать в роли механизма антистарения, удаляющего потенциально опасные клетки, у которых ослаблены системы защиты и восстановления от повреждений.

## ФАРМАКОЛОГИЯ

### Камчатский краб лечит ожоги и язвы

*Конечно, не сам краб, а его гепатопанкреас — что-то среднее между печенкой и поджелудочной железой. И не весь, а только некоторые ферменты, выделять которые научились сотрудники Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова при финансовой поддержке РФФИ и Фонда содействия развитию МП НТС (gnruden@genebee.msu.su).*

Препарат, созданный на основе крабовых ферментов, заживляет такие ожоги, рубцы







и трофические язвы, которые раньше вылечить либо не удавалось, либо удавалось с большим трудом. Хирурги, участвующие в испытаниях, ходят вокруг ученых кругами — хотят еще «крабьей мази». Но пока мази совсем мало, и ее еще нужно провести через Фармкомитет. Да и ферментов — основы новой мази — выделено пока только 100 грамм. Однако способ их выделения и очистки химиками уже разработали и запатентовали.

Основа препарата — ферменты, так называемые протеазы. Главный из них, коллагеназа, умеет расщеплять коллаген, прочный и упругий строительный материал, из которого по большей части сделаны наши суставы, связки и кожа. Именно коллаген делает кожу упругой и непроницаемой для воды, устойчивой к различным веществам. Наиболее активные коллагеназы выделяют из патогенных микроорганизмов, вызывающих газовую гангрену. Понятно, что выделение такой коллагеназы — процесс трудоемкий и опасный. Однако коллагеназа есть и в гепатопанкреасе камчатского краба. Причем окружение у нее совершенно безопасное для человека — внутренности краба.

Нужна коллагеназа вот для чего. Везде, где целостность кожного покрова серьезно нарушена, будь то ожог, послеоперационный рубец или незаживающие трофические язвы, в ране есть мельчайшие кусочки ткани, в том числе остатки коллагена, которые мешают заживлению. Измельчить их до отдельных молекул организму не удастся — нет нужного фермента, коллагеназы, поэтому кусочки эти гниют. Возникает некроз, и рана заживает медленно, трудно, выделяется гной, образуются грубые рубцы.

В препарате, разработанном университетскими химиками, есть и сама коллагеназа, и еще некоторые ферменты. По образному выражению Г.Н.Руденской, «коллагеназа рвет коллаген на крупные куски, а остальные ферменты догрызают остатки». А еще, чтобы рана заживала быстрее, авторы предложили добавлять в мазь полиненасыщенные кислоты — «строительный материал» для будущей молодой кожи, чтобы та была гибкой и упругой. Этот препарат «Эйконол», разработанный фирмой «ТРИНИТА» во главе с В.А.Исаевым, получают из тушек некондиционной рыбы. Таким образом, все компоненты мази получены из пищевых объектов и не вызывают при применении нежелательных побочных эффектов. Сырье для ее производства — дешевые отходы рыболовства и крабового промысла.

Чтобы выделить нужные ферменты из крабовых внутренностей, отделить их от всего ненужного и сохранить активность, ученые воспользовались аффинной хроматографией, для которой синтезировали специальные сорбенты. Экстракт, содержащий множество нужных и ненужных

веществ, авторы пропускали через колонки, заполненные особыми веществами. К прочным гранулам силохрома (материала, содержащего кремний) с помощью химических мостиков присоединены молекулы антибиотика. Получается конструкция, похожая на баскетбольную корзину, как будто специально созданную для того, чтобы вылавливать из раствора нужные ферменты. Узнавая наиболее подходящие аминокислоты в молекуле антибиотика, протеазы задерживаются на сорбенте, а все примеси свободно вытекают при промывке колонки. Все вместе похоже на удочку с приманкой, лакомой только для одного вида рыбы.

Затем протеазы можно смыть, сконцентрировать (для этого авторы тоже предложили нетривиальный метод) и высушить. Если теперь полученный порошок хранить правильно, в морозильной камере при  $-20^{\circ}\text{C}$ , он пролежит несколько лет и не утратит активности. А если довести лабораторную методику до промышленного регламента (это ученые обещают сделать в самое ближайшее время), то замечательных ферментов хватит на всех.

## СОЦИОЛОГИЯ

### Трудовая миграция российских ученых

*Кто они, российские ученые, выезжающие на работу за рубеж в последние годы? Ответ на этот вопрос предлагает Центр демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН (lflorin@unix.ecfor.tssi.ru).*

В 2002 году по официальным каналам на работу за рубеж выезжали 2,9 тысячи российских ученых из примерно 300 организаций, что составляет всего 0,7% по отношению к общей численности исследователей — и целых 5% по отношению к численности ученых, работающих только в этих организациях. Это позволяет сделать вывод, что исследовательские организации в России делятся на две категории: небольшая группа, поддерживающая сравнительно интенсивные контакты с заграничной, и подавляющее большинство

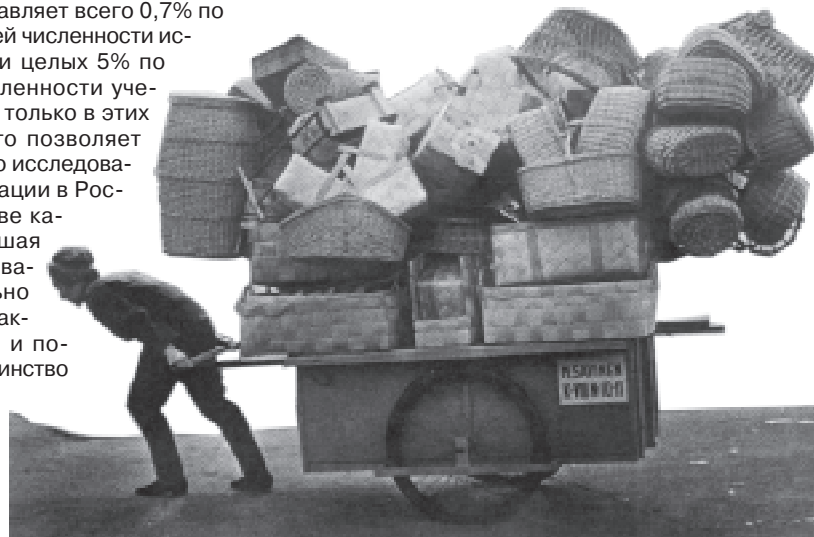
организаций, не имеющих постоянных контактов.

Больше шансов выехать за рубеж у докторов и кандидатов наук — они составляют соответственно 18% и 56%. По отношению к общей численности остепененных ученых это 2,5% докторов и 2% кандидатов. Больше всего востребованы за границей физики, затем биологи. Каждый третий выехавший — физик, почти каждый четвертый — биолог, десятый — математик. Всего на естественные науки приходится 77% выехавших. Самая большая группа ученых отбыла за рубеж с целью совместных исследований (40%). Немного уступает им в численности группа тех, кто устроился на работу в зарубежную организацию, — 32%. С целью чтения лекций и проведения консультаций выехало только 6% ученых.

В основном выезжают мужчины, дамам пробиться труднее: среди выехавших женщин лишь четверть. Однако в молодых возрастных группах (до 40 лет) женщин больше — 30%.

Основные регионы мира, куда едут российские ученые, — это Западная Европа в узком смысле слова (42%) и Северная Америка (30%). Заметны потоки в азиатские и скандинавские страны. Со странами Восточной Европы и постсоветскими странами научные связи у России почти прервались. Очевидно лидерство США, которые приняли 29% выехавших из России ученых, и Германии, — 19%. Заметна роль Франции (6%), Великобритании (5%), Японии (4%), Швеции (3%), Индии, Италии, Нидерландов, Китая (по 2%). Перечисленные 10 стран приняли три четверти научного потока из России. Но россияне довольно активно ищут свою нишу в глобальной системе труда, с этой целью они обращаются и к странам третьего мира. Общее число стран, где в 2002 году работали российские ученые, оказалось равно 73, включая такие экзотические, как Антигуа и Барбуда, Бенин и другие.

Ученые разного профиля стремятся в разные страны. Более половины физиков находят работу в Западной Европе (57%, из них каждый второй — в Германии), четверть — в США, математики тоже





в основном тяготеют к Западной Европе. У биологов доминируют США (46%), а страны Западной Европы отодвигаются на второй план (32%). Сходная география поездок у химиков и исследователей в области медицины: видимо, выезжают именно те химики и медики, которые связаны с биологией. Иначе распределяются по странам технари: 18% из них работали в Индии, 23% — в Алжире, Иране, Китае, Казахстане (поровну в каждой из этих стран), четверть — в Западной Европе. В США специалисты в области технических наук находят работу редко (9%). Гуманитарии активно выезжают в Китай, а также в Германию и США. Туда едут 60%, причем потоки в каждую из стран примерно одинаковы.

Как видим, вовлеченность России в мировое научное сообщество еще очень слаба. Пока что двери в другие страны открываются по желанию этих стран: кто оплатит поездку, к тому и поедут, кто нужен, того и возьмут. Усилий приумножать контакты со стороны России пока не чувствуется. Если физики и математики уже ощущают помощь зарубежной научной диаспоры в налаживании взаимодействия с западной наукой, так что односторонний выезд постепенно переходит в партнерство, то общественные науки нуждаются в целенаправленном стимулировании контактов. Иначе разрыв в уровне развития естественных и общественных наук в России будет увеличиваться.

## ИСТОРИЯ

### Портрет человека Древней Руси

*Каким был человек Древней Руси? Старославянский язык свидетельствует, что он был очень подвижен и словоохотлив, но слаб здоровьем. В его жизни было больше печали, чем веселья. Он с удовольствием бы не работал, но никогда не отказывался трудиться. При этом он не был бессовестным и имел точное понятие о любви. Исследование выполнено в Институте славяноведения РАН при поддержке РГНФ.*

Сознание человека любой эпохи можно реконструировать через язык, на котором он говорил. Научный сотрудник Института славяноведения РАН Т.И.Вендина, проанализировав словарный состав древнейших старославянских письменных источников X–XI веков, а также особенности словообразования старославянского языка, смогла ответить на вопрос, кто он, человек Древней Руси, каким он был и чем занимался?

Внешний портрет человека Древней Руси очень скуп. С лица воду не пить, видимо, так считали в то время. Вероятно, поэтому в словаре человека той эпохи обнаружилось всего два прилагательных со значением «красивый» — ДОБРЪ и ДОБРОЛИЧНЪ. Намного внимательнее присматривались в то время к моральному облику строителя феодализма. Язык сохранил множество наименований пороков и добродетелей, на которые был способен человек. Что поделаться, и человек Древней Руси был иногда и БЕСРАМЪКЪ, БЕСТОУДЪНИКЪ, БЕСТОУДЪЦЪ, ЛЮТЬЦЪ, ПРОКОУДЪНИКЪ, ВИНОПИВЪЦА, НЕЧЛОВЕКЪ, одним словом. Но при этом он никогда не был бессовестным и бездушным. Просто не было таких слов. Ведь в представлении средневековья совесть, как и душа, есть у каждого человека. У нашего пращура было немало добродетелей, бывал он и молитвенником, и отшель-



ником, и святым (БОГОЛЮБЪЦЪ, БОГОЧЪТЬЦЪ). А тот факт, что в старославянском языке число добродетелей уступает по численности грехам, может говорить о его чрезмерной строгости к себе.

Собственное несовершенство не давало ему радоваться. В его словаре было мало слов, передающих счастье и радость. Прилагательное РАДОСТЬНЪ — скорее исключение из правил. А если и был он весел, то о Боге (БОГОВЕСЕЛЬНЪ). Зато состояние печали передавалось множеством слов и выражений. Он бывал и ОУНЫЛЪ, и ПРИСКРЪБЪНЪ, и МЪНОГОПЛАЧНЪ, и СЪТЬНЪ. Жизнь его заставляла ЗЪЛОСТРАДАТИ, СКРЪБТИ, СТРАДАТИ, ТРЪПТИ, ТУЖИТИ, ВЪПЛАКАТИ, СЛЪЗИТИ и РЫДАТИ. Состояние печали даже описывалось очень красноречивым глаголом ЛЮБОПЛАКАТИ (то есть любить плакать). Как тут не плакать, когда была высока вероятность погибнуть не своей смертью. Недаром значение «убить, умертвить» передается в старославянском языке 17 глаголами, а «оставить в живых» — только одним, ЖИВИТИ.

Физическая форма человека Древней Руси оставляла желать лучшего: в языке осталось множество названий болезней, от которых он мучился. Он был и ГНОИНЪ, и КРЪВОТОЧИВЪ, и ПРОКАЖЕНЪ, и ПГОТИВ, и СОУХОНОГЪ. Весь-

ма распространенной напастью было сочетание с ума. Глаголы со значением «выздороветь» заметно уступали по численности глаголам со значением «умереть», и лишь единственный глагол указывал на пребывание в здравии — ДОБРОПРИИМАТИ. Средневековый человек пожаловался бы, да не было подходящего слова.

Средневековый человек был весьма подвижен. Достаточно сказать, что в активе у него было около 200 глаголов движения. И всего два глагола со значением «остановиться» («СТАТИ»). МЪДЛОСТЬ, то есть медлительность, расценивалась как лень и равнодушие. Передвигался же он на своих двоих. Поэтому немаловаж-

ным для его характеристики было БЛАГОГОЛНЪНЪ (имеющий крепкие ноги).

Он не переставал трудиться, но с удовольствием отказался бы работать. Труд был тяжел, связан со страданием (СТРАДАТИ — тяжело работать), но это был труд на себя. Работа в представлении средневекового человека — это подневольный, рабский труд. (РАБОТА — рабство, неволя; РАБОТАТИ — тяжело работать на кого-либо).

При больших физических нагрузках он не мог себе отказать в таком удовольствии, как беседовать. Разговоры были его слабостью. Об этом говорит огромное количество глаголов со значением «говорить», а также бытование таких глаголов, как МЪНОГОГЛАГОЛАТИ, ПРОДЪЛИТИ СЛОВО (долго говорить). Видимо, в связи с необходимостью слушателей прерывать этот словесный поток возникли даже специальные глаголы ОУМЛЬЧАТИ, ОНЕМЛЯТИ (заставить замолчать).

И наконец, о личном. Для человека Древней Руси не существовало понятия «дружбы» (опять же не было в его словаре такого слова). Зато он точно знал, что такое любовь. Любовь в представлении средневекового человека — это БЛАГОВОЛИТИ, БЛАГОИЗВОЛИТИ, ВЪБЛАГОВИЛИТИ, то есть желать добра и блага другому человеку.

Профессор,  
член Королевского общества  
Великобритании,  
почетный профессор МГУ  
**Мартин Поляков**  
(www.nottingham.ac.uk/supercritical)

# Зеленая

# ХИМИЯ:

## очередная промышленная революция?

*Про сверхкритические жидкости (газы или жидкости, при определенном давлении и температуре переведенные в необычное состояние) «Химия и жизнь» подробно рассказывала в февральском номере 2000 года. В сверхкритическом состоянии такие всем известные вещества, как углекислый газ или вода, приобретают необычные свойства, например становятся мощными растворителями, по свойствам сравнимыми с традиционными органическими — и при этом совершенно безопасными. К теме сверхкритических жидкостей нас заставил вернуться второй семинар для молодых ученых по «Зеленой химии и катализу», который прошел в начале апреля на Химическом факультете МГУ. Первый такой семинар состоялся в прошлом году в Ноттингемском университете где лабораторией чистых технологий руководит профессор Мартин Полякофф. Вклад этого ученого в новые чистые химические технологии с использованием сверхкритических сред не оценим. А его лаборатория — одна из ведущих в Европе,*

*занимающаяся зеленой химией. Причем там не только проводят фундаментальные исследования. Новые технологии отработывают на лабораторных установках и в содружестве с фирмой «Thomas Swan & Co», специализирующейся на тонкой химии, запускают в серийное производство. Кстати, на Химфаке МГУ тоже есть лаборатория, которая занимается сверхкритическими средами. Она тесно сотрудничает с Ноттингемским университетом (до настоящего времени только в области фундаментальной науки) и поэтому именно в Московском университете на семинаре «Зеленая химия и катализ» молодые ученые и студенты рассказывали о своих исследованиях в этой области. Семинар в Москве открыл профессор Мартин Полякофф, из выступления которого слушателям стало ясно, что стереотипное представление о химической промышленности, с трубами, дымящими в небо, и потоками химических отходов, сливающихся в реки, скоро, возможно, изменится.*

Научное направление под названием «зеленая химия» возникло в 90-х годах XX века и довольно быстро нашло сторонников в химическом сообществе. Новые схемы химических реакций и процессов, которые разрабатывают во многих лабораториях мира, призваны кардинально сократить влияние на окружающую среду крупнотоннажных химических производств. Химические риски, неизбежно возникающие при использовании агрессивных сред, производственники традиционно пытаются уменьшить, ограничивая контакты работников с этими веществами. Зеленая химия предполагает другую стратегию — взвешивая отбор исходных материалов и схем процессов, который вообще исключает использование вредных веществ. Если риск = случай × экспозиция, при случай = 0 и риск будет равным 0, следовательно, нет необходимости контролировать производство. Конечно, это скорее идеал, чем ближайшая цель. Но ближайшая цель и состоит в том, чтобы как можно быстрее достичь идеала. Впрочем, после знакомства с 12 принципами зеленой химии (см. врез) становится понятно, что путь этот неблизкий.

Пути, по которым уже сейчас движется зеленая химия, можно сгруппировать в три большие направления: 1) новые пути синтеза (часто это реакции с применением катализатора);

2) возобновляемые исходные реагенты (то есть полученные не из нефти);

3) замена традиционных органических растворителей.

Второй пункт — это тема для отдельного подробного разговора. Каталитические реакции давно и успешно применяют в некоторых промышленных процессах. Третье же направление — именно то, что изменит наши представления о промышленной химии.

### И все же немного о катализе

Традиционная органическая химия предполагает многостадийные процессы, в результате которых из исходных веществ получают продукты. Но схемы и механизмы реакций, подходящие для лаборатории, совершенно не годятся для крупнотоннажных процессов. Если на каждой стадии реакция идет с выходом, далеком от 100%, то при переносе на большой масштаб вместе с нужным про-

дуктом получают огромные количества ненужных веществ. В цепочке реакций используют вспомогательные вещества, часто после кислотной или щелочной нейтрализации образуются неорганические соли (хлорид натрия, сульфат натрия, сульфат аммония). Что касается потерь, то в многоступенчатых процессах они бывают выше, чем конечный выход продукта. Эту проблему химических и фармацевтических производств отчасти помогают решить катализаторы, которые существенно уменьшают выход нежелательных побочных продуктов.

В нефтепроизводствах и крупнотоннажной основной химии почти 75% продуктов получены каталитическим методом. В каталитических процессах, как правило, степень использования исходного продукта довольно высокая. Например, при получении уксусной кислоты с помощью родиевого катализатора (технология «BP-Monsanto») метанол расходуется на 100%:

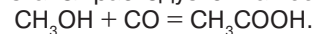


Таблица 1

Промышленность	Кол-во тонн продуктов	Соотношение, кг (E) побочный продукт/нужный продукт
Нефтехимическая	10 <sup>6</sup> –10 <sup>8</sup>	–0,1
Крупнотоннажная основная химия	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	<1–5
Тонкая химия	10 <sup>2</sup> –10 <sup>4</sup>	5–50
Фармацевтическая	10 <sup>1</sup> –10 <sup>3</sup>	25–100+





Художник П.Перевезенцев



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ют смешивать компоненты. Также их используют для того, чтобы доставить или убрать тепло, более эффективно смешать реагенты или контролировать их реакционную способность. Абсолютное большинство растворителей, применяемых сейчас, — это летучие органические вещества, производные нефти. Следовательно, они во-первых, не бесконечны, во-вторых, пожаро- и взрывоопасны, а в-третьих, вредны для окружающей среды. Как от них избавиться? Можно проводить химический процесс вообще без растворителя; можно использовать в качестве растворителя воду, биоразлагающиеся «зеленые» растворители, ионные жидкости (соли, плавящиеся при низких температурах), сверхкритические жидкости.

Понятно, что как не существует универсального органического растворителя, так и «зеленые» растворители надо подбирать — для каждой реакции свой. Например, реакция без растворителя удобна с экономической и экологической точек зрения, однако на практике довольно сложно осуществима — и то лишь в редких случаях, когда оба реагента — жидкости или один из них может служить растворителем. Вода тоже очень удобна, но, к сожалению, органические вещества обычно нерастворимы в воде. Примером «зеленого» растворителя может служить перфторан. Правда, он довольно дорог на Западе (в России значительно дешевле), поэтому вряд ли его будут использовать в широких масштабах. Таким образом, на сверхкритические жидкости возлагают большие надежды.

Сверхкритические жидкости — это газы, сжатые до такого состояния, что они почти становятся жидкостями (см. «Химию и жизнь», 2000, № 2), то есть их плотность приближается к плотности жидкости. Такое состояние возможно только при температурах более высоких, чем так называемые критические, поскольку ниже этого порога газ под давлением просто превратится в жидкость. Жидкости, например воду, тоже можно перевести в сверхкритическое состояние при оп-

Полнота использования исходного вещества называется атомной эффективностью, и этот показатель можно использовать как меру «зелености» химического производства:

Атомная эффективность = Кол-во атомов в продукте  $\times$  100%/Кол-во атомов в исходных веществах.

Естественно, процесс в одну стадию  $A + B = C$  (например, полимеризация этилена) гораздо эффективнее, чем  $A + B = C$  (нужный продукт) +  $D$  (побочный продукт). Идею атомной эффективности Р.Шелдон выражал через Е-фактор, который показывает количество потерь на килограмм продукта (табл. 1).

В Великобритании эти расчеты «зелености» вышли из академического на государственный масштаб, и недавно был создан виртуальный Институт прикладного катализа, цель которого — поддерживать взаимодействие ученых и промышленных технологов в этой области.

### Замена растворителей

Еще одно направление зеленой химии — замена растворителей в технологических процессах. Растворители выполняют несколько функций: они играют роль транспорта (разведение краски, удаление грязи) или помога-

ределенном давлении и температуре. Критическая температура для наиболее часто используемых веществ изменяется в довольно широких пределах (табл. 2).

Таблица 2

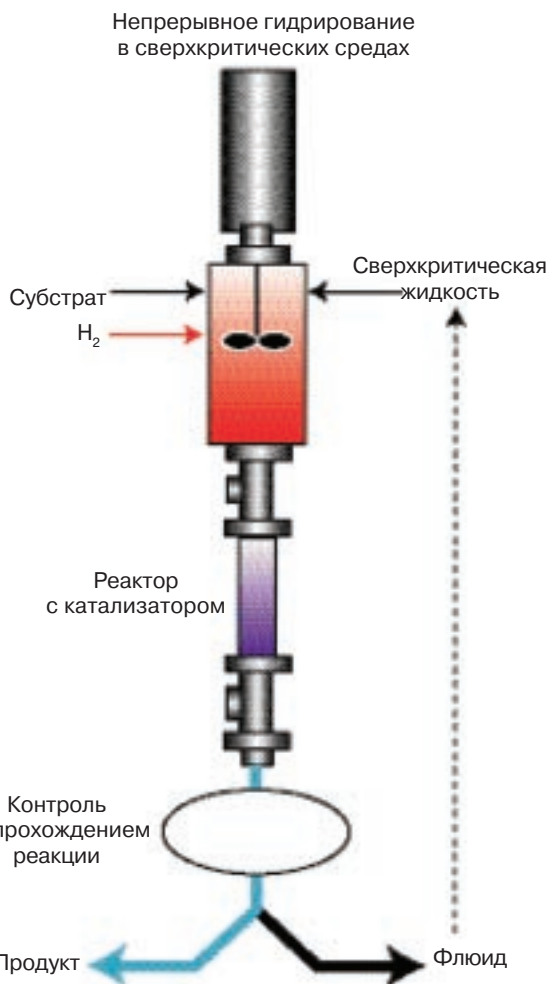
**Критические температуры некоторых сверхкритических флюидов**

Вещество	Критическая температура, °C
CO <sub>2</sub>	31
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	9
NH <sub>3</sub>	132
H <sub>2</sub> O	374

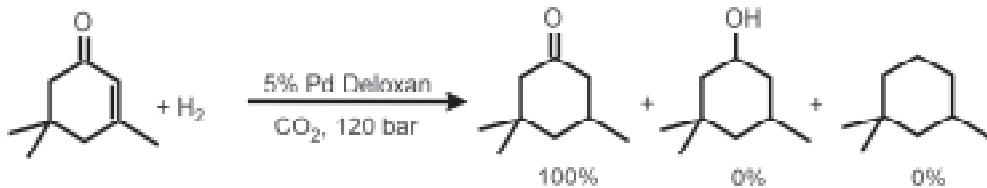
Сверхкритические среды привлекают внимание физхимиков последние 150 лет. Действительно, газ, который приобретает некоторые свойства жидкости, — многообещающий объект для изучения. Тем не менее технологический интерес к сверхкритическим жидкостям появился относительно недавно. Основная причина этого интереса — то, что они становятся такими же хорошими растворителями, как известные органические, а иногда бывают и лучше. При этом они совершенно безвредны для окружающей среды. Как только продукт получен, можно убрать давление, и газ (например, CO<sub>2</sub>) просто возвращается в атмосферу.

В начале 80-х годов был всплеск фундаментальных исследований по возможному промышленному применению сверхкритических жидкостей, но, к сожалению, их сторонники переоценили свой продукт. Новые растворители оказались слишком дороги. Сейчас ситуация меняется. В связи с серьезной озабоченностью ученых необычные растворители опять выходят на первый план. Но все-таки это не основная причина, по которой ученые снова вернулись к этим объектам. Последние фундаментальные исследования доказали, что сверхкритические жидкости могут обеспечить

**1**  
*Схема проточного реактора для гидрирования органических соединений в scCO<sub>2</sub> или сверхкритическом пропане. Сверхкритический CO<sub>2</sub>, водород и органический субстрат смешиваются в подогреваемом реакторе, откуда смесь поступает в реактор, содержащий закрепленный катализатор (обычно благородный металл на подложке). В реакторе предусмотрен спектроскопический непрерывный контроль за прохождением реакции. Несмотря на то что объем реактора очень мал (5 или 10 мл), он позволяет получить до 1200 мл продукта*



**2**  
*Гидрирование изофорона. Делаксан — твердая полиаминосилоксановая подложка для Pd катализатора*



такой уровень контроля и превращения в химических реакциях и при обработке материалов, которого трудно достичь традиционными методами.

**Сверхкритические жидкости в действии**

Сверхкритический CO<sub>2</sub> (scCO<sub>2</sub>) имеет почти такую же растворяющую способность, как гексан, и это его свойство используется в пищевой промышленности. Например, кофеин из зерен зеленого кофе извлекают именно с помощью scCO<sub>2</sub>, причем в огромных масштабах. Углекислый газ экстрагирует только кофеин, оставляя все ароматные компоненты и не оставляя после себя никакого вредного следа, в отличие от своих органических «коллег». Подобную технологию также используют для экстракции хмеля при производстве пива, нико-

тина из табака, а также различных ароматических веществ в парфюмерной промышленности.

Сейчас заметно возросли усилия исследователей по замене органических растворителей на scCO<sub>2</sub> и в других промышленных процессах. Причем не только химических, но и чисто технических, например таких, как очистка машинных деталей от масла. Однако многие органические растворители, хоть и с потерями, можно очищать и использовать повторно. Какой же резон промышленникам переключаться на сверхкритические растворители? К счастью, для них есть не только кнут, но и пряник. Использование традиционных растворителей становится все более дорогим, а реакции в scCO<sub>2</sub> не только экологически чисты, но зачастую и более эффективны. Например, фирма «Дюпон» в ближайшем будущем собирается внедрить технологию производства





фторполимеров, предполагающую использование сверхкритического  $\text{CO}_2$ . Новая технология позволит лучше контролировать физические свойства фторполимера и его химический состав.

Лаборатория чистых технологий Ноттингемского университета часть своих усилий сосредоточила на применении сверхкритического  $\text{CO}_2$  в органических реакциях, в частности гидрирования. Все началось с теоретического исследования: синтеза органометаллических соединений переходного металла в сверхкритическом ксеноне в спектроскопической ячейке. А закончилось — проточным реактором фирмы «Thomas Swan & Co», использующим сверхкритические жидкости. В нем можно проводить много различных реакций, в том числе гидрирование (рис. 1). При традиционных технологиях гидрирование часто идет с трудом, поскольку водород плохо растворяется в органике. В сверхкритической среде растворитель, водород и субстрат находятся в одном состоянии. Таким образом, процесс протекает более интенсивно, и к тому же непрерывно. Газо-подобные свойства сверхкритической жидкости уменьшают вязкость реакционной смеси, за счет этого увеличивается ее приток к поверхности катализатора. С другой стороны, плотность, соответствующая жидкости, позволяет лучше проводить тепло, чем в газовой фазе.

Реакция гидрирования изофорона в сверхкритических жидкостях (рис. 2) более селективна, проходит с большей скоростью и позволяет эффективнее использовать катализатор. Проточный реактор ученые теперь также используют для непрерывного алкилирования ароматических соединений по Фриделю—Крафтсу и синтеза эфиров (с использованием твердых кислотных катализаторов). Алкилирование получается, во-первых, гораздо более чистым, чем традиционный процесс, поскольку не предполагает использование хлорида алюминия, а во-вторых, гораздо более избирательным.

### Как внедрить «зеленый» процесс

Внедрение — задача трудная даже для промышленно развитых стран. В Великобритании, например, сейчас всячески поощряют взаимодействие ученых и химиков-технологов — раньше такого практически не было. Создаются даже совместные центры для внедрения «зеленой» химии.

В Ноттингемском университете впервые в мире начали читать курс по зеленой химии для студентов-химиков и химиков-технологов последнего года обучения. Старшекурсники учат рассматривать химико-технологический процесс в целом, а не фрагментарно. Сегодня уже недостаточно, чтобы специалист мог подобрать традиционный или наиболее дешевый реагент для промышленного синтеза, необходимо держать в уме весь процесс от начала до конца. Первичные источники исходного реагента (добываемые или возобновляемые); как этот реагент получают; атомная эффективность реакции; растворители — их минимизация или использование нетоксичных растворителей; селективность выхода (низкий выход возможен только в случае, если в реакции нет побочных продуктов или если исходное вещество можно использовать повторно); стоимость побочных продуктов (может быть настолько высока, что обеспечит жизнеспособность процесса) Словом, рассказать обо всем химическом процессе от получения исходных продуктов до конечного результата — это само по себе гигантская работа. А чтобы еще производство получилось «зеленым» да не очень дорогим

P.S. Благодаря совместному семинару для молодых ученых «Зеленая химия и катализ», который теперь должен стать традиционным и ежегодным, появилась надежда, что и наши химики-технологи когда-нибудь задумаются об «озеленении» химического производства, тем более что у нас есть интересные работы в этой области.

- 1) Лучше предотвратить потери, чем перерабатывать и чистить остатки.
- 2) Методы синтеза надо выбирать таким образом, чтобы все материалы, использованные в процессе, были максимально переведены в конечный продукт.
- 3) Методы синтеза по возможности следует выбирать так, чтобы используемые и синтезируемые вещества были как можно менее вредными для человека и окружающей среды.
- 4) Создавая новые химические продукты, надо стараться сохранить эффективность работы, достигнутую ранее, при этом токсичность должна уменьшаться.
- 5) Вспомогательные вещества при производстве, такие, как растворители или разделяющие агенты, лучше не использовать совсем, а если это невозможно, их использование должно быть безвредным.
- 6) Обязательно следует учитывать энергетические затраты и их влияние на окружающую среду и стоимость продукта. Синтез по возможности надо проводить при температуре, близкой к температуре окружающей среды, и при атмосферном давлении.
- 7) Исходные и расходные материалы должны быть возобновляемыми во всех случаях, когда это технически и экономически выгодно.
- 8) Где возможно, надо избегать получения промежуточных продуктов (блокирующих групп, присоединение и снятие защиты и т. д.).
- 9) Всегда следует отдавать предпочтение каталитическим процессам (по возможности наиболее селективным).
- 10) Химический продукт должен быть таким, чтобы после его использования он не оставался в окружающей среде, а разлагался на безопасные продукты.
- 11) Нужно развивать аналитические методики, чтобы можно было следить в реальном времени за образованием опасных продуктов.
- 12) Вещества и формы веществ, используемые в химических процессах, нужно выбирать таким образом, чтобы риск химической опасности, включая утечки, взрыв и пожар, были минимальными.

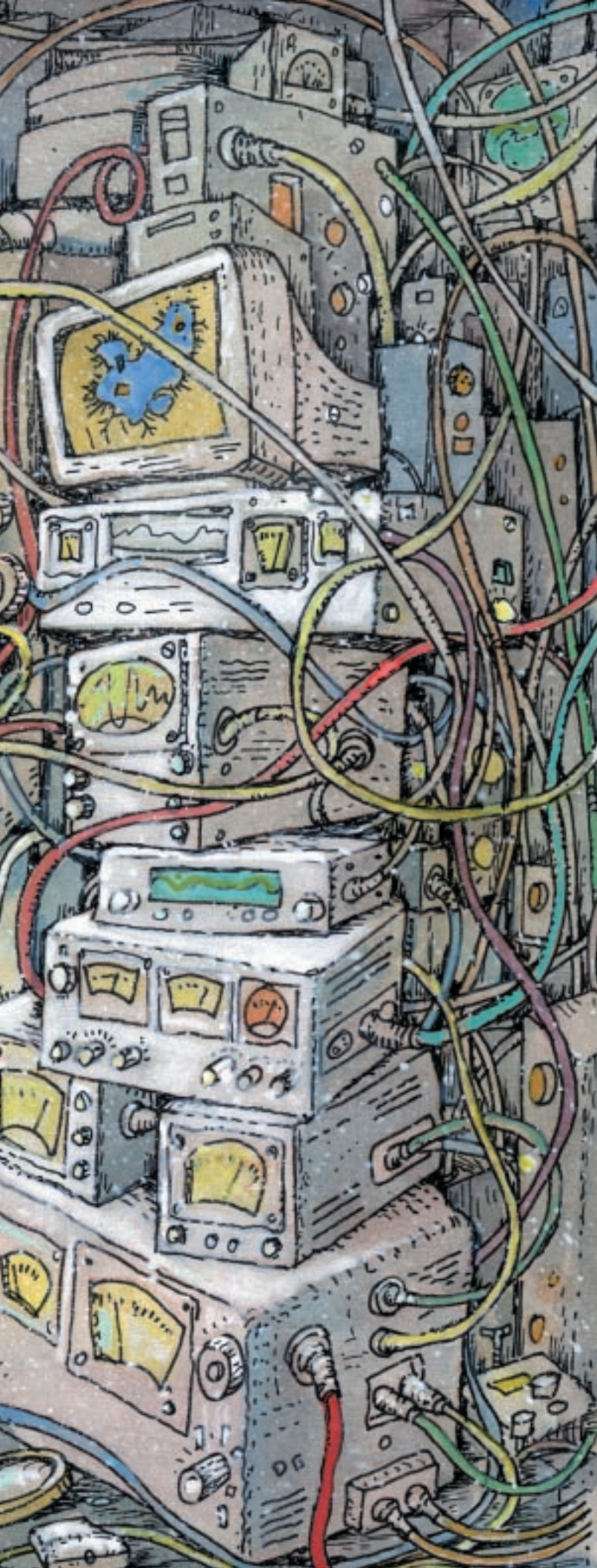


# Арсенал ученого XXI века:

шесть способов  
увидеть  
невиданное







Художник Н.Кравцов

Кандидат химических наук  
**О.О.Максименко,**  
кандидат физико-математических наук  
**С.М.Комаров**



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

### Синий свет графита

В прошлом году два государственных научных фонда — Российский фонд фундаментальных исследований и Фонд содействия малым формам предприятий в научно-технической сфере предприняли эксперимент: они выделили финансирование на доведение фундаментальных работ до прикладного результата и внедрение оно-го в производство на том или ином малом предприятии. (Ну или хотя бы на приведение работы к такому виду, чтобы внедрение стало возможным.) Если полистать список этих проектов, то можно найти немало интересных разработок, где проявились те самые нестандартные подходы и изощренность фантазии, которой славятся российские ученые. Вот, например, цветной электронный микроскоп.

Мысль о том, что изображение в электронном микроскопе формируют, вообще говоря, электроны с разными энергиями и было бы неплохо их спектр превратить в красочную картинку, наверняка посещала не одного исследователя, часами разглядывающего однообразные светло-зеленые изображения на флуоресцирующем экранчике прибора. Очевидно, что таким способом можно извлечь немало информации, которая обычно теряется.

Пусть не совсем такая, но похожая возможность появилась не столь давно благодаря приставкам для катодолюминесцентного анализа, которыми основные компании, выпускающие электронно-зондовые микроскопы и во Франции, и в Японии, и в Голландии, по желанию заказчика оснащают свои приборы. Принцип действия этого устройства основан на том факте, что некоторые объекты, если воздействовать на них электронным пучком, начинают светиться — люминесцировать. И светятся они по-разному, в зависимости от состава и структуры.

А физики из Санкт-Петербургского Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе во главе с доктором физико-математических наук С.Г.Конниковым создали принципиально новую приставку такого рода — катодолюминесцентный спектрометр с высоким пространственным, оптическим и временным разрешением.

Изюминка работы в том, что объекты, которые интересны для нового метода, очень маленькие, поэтому интенсивность такой наведенной люминесценции у них невелика. Например, это материалы, используемые в электронике, — полупроводники и диэлектрики. Иногда их свойства зависят от исчезающе малых количеств примесей: число посторонних атомов может исчисляться штуками на миллиард атомов основного вещества. И при этом нужно знать не только общее количество примеси в матрице, но и то, как ее атомы там расположены. То же касается и дефектов в кристаллических структурах, и состава всевозможных мелких частиц, образующихся в зернах (или на их границах) в сплавах и прочих материалах. Именно мельчайшие объекты, обычно плохо различимые даже в силь-



ный микроскоп, и становятся видны благодаря питерскому спектрометру: при небольших габаритах — всего 30 × 40 см и весе 5 кг — прибор чутко улавливает даже самое слабое свечение в ближнем УФ, видимом и ИК-диапазонах. Да вдобавок удивительно точно и подробно, со спектральным разрешением до десятой доли нанометра, анализирует спектр излучения. А с помощью специально разработанных программ эти данные удастся показать на экране компьютера и увидеть то, что прежде увидеть никому не удавалось.

Например, как светятся синие включения силиката церия в матрице из окиси циркония — это при том, что их размер не превышает нескольких сотен ангстрем, а матрица светится в три раза сильнее включений. К счастью, другим цветом — зеленым. Графит, как обнаружили ученые, действительно можно заставить светиться синим. Для этого его нужно как следует побомбардировать мощным пучком ускоренных электронов — и тогда с помощью нового спектрометра можно будет увидеть свечение в голубой области спектра. Делают это, конечно, не для красоты — так можно исследовать углеродные пленки, которые наносят на материалы, когда хотят придать им различные, очень полезные свойства: прочность, износостойкость, химическую инертность и прочие, не менее важные. Удастся даже без всякой дополнительной подготовки вести послойный анализ многослойных структур — изменяя энергию электронов, можно менять глубину их проникновения в материал и получать свечение от очередного глубинного слоя; причем толщина слоев измеряется считанными молекулами. Спектр люминесценции позволяет даже распознать, как образовалась, скажем, пленка оксида кремния на самом кремнии — естественным путем или же химическим окислением: видимо, при этом на атомы действуют разные упругие напряжения и они слегка смещают спектр излучения.

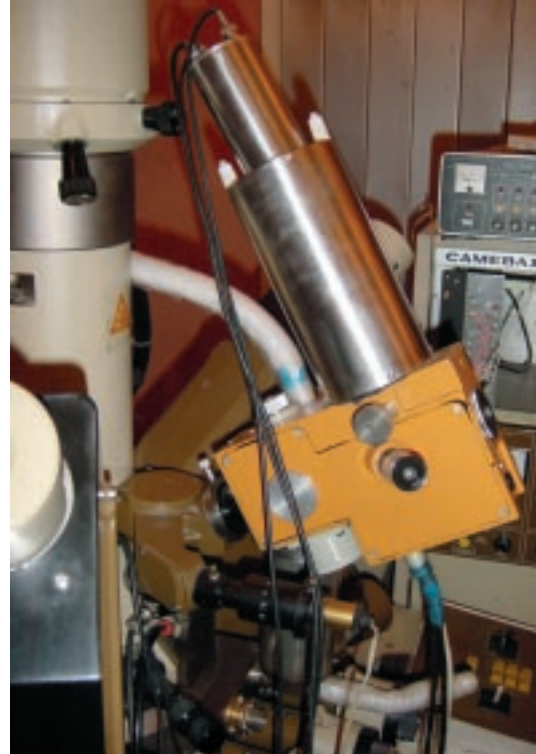
Очень интересно изучать спектры светящихся микрообъектов в динамике. Можно облучать образец и одновременно измерять его люминесценцию. А можно посветить и потом посмотреть. Причем, поскольку излучение одних структур падает во времени быстрее, а других — медленнее, то удастся разделить эти спектры и исследовать их по отдельности. Наконец, метод позволяет модифицировать материалы, придавая им новые свойства. Например, пучком электронов выжигать отдельные микрообласти в образце, создавая в заранее заданных участках структуры сначала точечные дефекты, а потом и островки иного ма-

териала — скажем, кремния в аморфном оксиде кремния. И в то же время следить за тем, как эти новые структуры образуются!

## Лирическое отступление о пути открытия

Поскольку далее речь пойдет о новом методе, который его авторы назвали скользящей мессбауэровской спектроскопией, невозможно не рассказать о том, какие удивительные стечения обстоятельств порой способствуют появлению новых методов. Вот, например, сама по себе мессбауэровская спектроскопия. За четыре с половиной десятка лет, прошедшие со времени открытия эффекта, этот метод нашел огромное количество приложений, связанных с выявлением взаимного расположения атомов в молекулах органических веществ, а также в кристаллах. А открытие эффекта, согласно легенде, состоялось так. В 1958 году Рудольф Мёссбауэр — будущий нобелевский лауреат, а тогда молодой ученый из гейдельбергского Института медицинских исследований им. Макса Планка изучал взаимодействие гамма-квантов с веществом. Его задачей было выяснить условия резонансного поглощения, то есть такого, когда ядро какого-то элемента поглощает гамма-квант, испущенный другим ядром того же самого элемента. Теоретики предсказали этот эффект еще в двадцатых годах, однако никто не мог получить его экспериментально. Главная проблема в том, что при испускании гамма-кванта возбужденное ядро тратит часть энергии на отдачу, подобно тому, как это делает пушка, выстрелившая ядро. Аналогично, при поглощении часть энергии гамма-кванта расходуется на отдачу ядра-мишени. Поскольку ядра — квантовые объекты, способные поглощать энергию строго определенных порциями, такой дважды уменьшенный квант быть поглощенным не может. Возникает разница между линией испускания и линией поглощения ядер. Однако ее можно обнулить с помощью эффекта Доплера, заставив либо мишень, либо источник лучей двигаться: при этом частота излучения, а стало быть, и энергия его квантов, изменится. В общем-то, энергия отдачи столь невелика, что для ее компенсации достаточно движения со скоростью в десятки доли сантиметра в секунду. Главная же проблема — не промахнуться и найти именно эту, единственную, отвечающую резонансу скорость.

В поисках простого способа движения с переменной скоростью Р. Мёссбауэр однажды поставил источник лу-



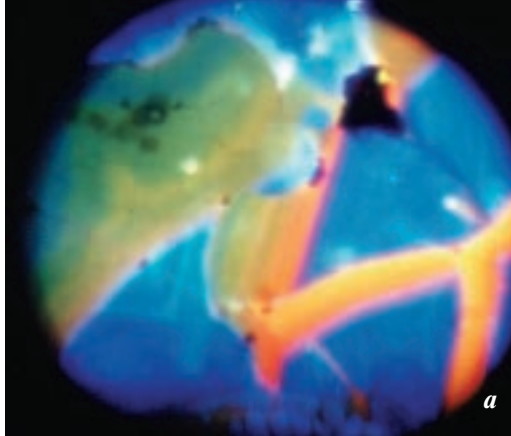
*Электронный микроскоп, способный давать цветные изображения*

чей — радиоактивный ирридий на головку проигрывателя граммофонных пластинок. Для тех, кто привык иметь дело с проигрывателем компакт-дисков поясняем — на граммофонной пластинке была тоненькая дорожка в виде спирали; по мере воспроизведения музыки игла звукоснимателя перемещалась по ней, ну а головка, в которой эта игла была закреплена, смещалась от края к центру пластинки. При этом чем ближе к центру, тем больше скорость смещения: число оборотов пластинки постоянно, а диаметр спирали становится все меньше. Мёссбауэру крайне повезло: требуемая для возникновения резонанса в ирридии скорость оказалась как раз в нужном диапазоне: когда головка дошла до соответствующего места, число гамма-квантов, прошедших через образец, резко уменьшилось. Потом уже ему удалось выснить, что аналогичный эффект наблюдается при глубоком охлаждении, что энергия отдачи может делиться между всеми атомами молекулы или кристалла и, стало быть, условия наступления резонанса сильно зависят от того, что за соседи окружают поглощающий гамма-кванты атом.

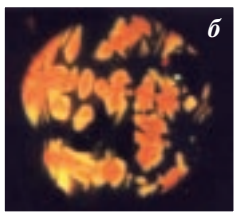
## Заглянуть вглубь, скользя по поверхности

В методе скользящей мессбауэровской спектроскопии гамма-луч скользит по поверхности исследуемого объекта. При этом часть луча отражается, а часть все-таки взаимодействует с веществом. В результате возникает це-

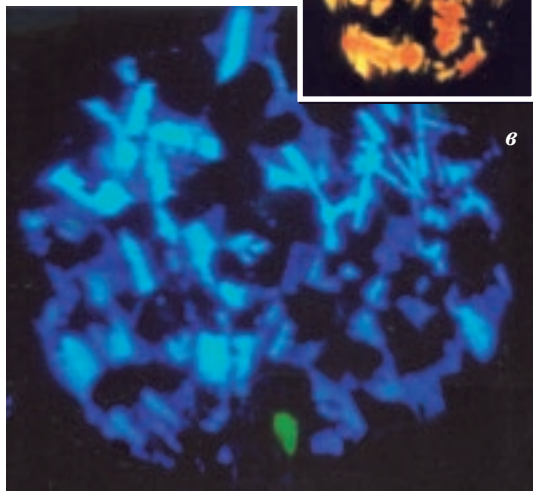




а



б



в

С помощью приставки к электронному микроскопу можно:  
 а) увидеть, как ионы редкоземельных металлов распределены в тетра-алюминиевом гранате: зеленый цвет соответствует эрбию, а оранжевый — европию;  
 б) разглядеть в том же гранате оранжевую фазу, активированную церием,  
 и в) определить, как распределен синий тетраивалентный алюминат с церием



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

сматривать материал последовательно едва ли не по атомарным слоям. Областей, где необходимо знать тонкую структуру поверхности или точный состав вещества, много. Это и фундаментальная наука, и вполне прикладные отрасли — такие, как нанотехнология, металлургия, физическое материаловедение, создание материалов с особыми физическими свойствами. А еще новинка необходима тем, кто создает рентгеновские зеркала для космических исследований и пытается сделать рентгеновский лазер».

### Раздвоение личности белого света

Поверхность исследует и интерферометр белого света, созданный учеными из МГТУ «Станкин» под руководством доктора технических наук Н.Г.Власова. Идея, которую они сначала придумали, а потом воплотили в приборе, позволяет с невиданной прежде точностью и быстротой проверить качество шлифованных и полированных поверхностей и не только найти на них все до единого дефекты, но и выяснить, что это — выпуклости или вогнутости (существующие ныне приборы на это не способны).

Очень неудобно чесать левое ухо правой рукой — конечно, если есть левая. Однако именно такое ощущение возникает от традиционных интерферометров после знакомства с аналогичным прибором, но основанном на совершенно новом принципе. Такие интерферометры используют для того, чтобы проверить, хорошо ли отшлифованы поверхности тех изделий, у которых она должна быть идеально ровная. Например, у зеркал. Обычно это делают с помощью лазера, используя явление интерференции. Суть метода такова. Свет от одного источника делит на два совершенно одинаковых луча: опорный и объектный. Один из них направляют на зеркало, высокое качество которого уже проверено. Другой — на исследуемое зеркало. После того как лучи отразились, их опять соединяют в один с помощью полупрозрачного зеркала. Каждый из лучей прошел свой путь, разница между

которыми и есть отклонение высоты поверхности объекта от плоскости: если луч попал на впадину, длина его пути увеличивается, если на выпуклость — уменьшается на высоту этой выпуклости.

Когда разница кратна длине волны света, он усиливается. В противном случае один луч гасит другой. Получается интерференционная картина — светлые и темные полосы. Их столько, сколько раз уложилась длина волны света в разность путей. Поскольку свет обычно используют от лазера с определенной длиной волны, то это расстояние можно довольно просто посчитать. Но — и это очень важно — по положению полос невозможно установить, больше был путь того луча, который отражался от объекта, или меньше. То есть выпуклое получилось зеркало или, наоборот, вогнутое. Вот тут-то оператору и приходится обращаться исключительно к опыту и интуиции. Например, обычно, когда зеркало шлифуют, в центре нажимают сильнее — значит, там можно ожидать понижения рельефа. По краям нажимают послабее — значит, там участки могут быть выше. А числами это выразить не удастся.

Как показали специалисты из МФТИ, «Станкина» и НПО «Энергомеханика», на самом деле для такой работы лазер и не нужен. Можно обойтись обычной лампочкой, излучающей белый свет. Называется новый прибор так: цифровой интерферометр с некогерентным источником. Дело в том, что если длины пути света совершенно одинаковы, то независимо от его длины волны при наложении одинаковых лучей интерференция происходит — поскольку разница длин оказывается равной нулю. И на интерферограмме получается яркая контрастная полоса, окруженная черной бахромой, — ее называют полосой нулевого порядка. Значит, все, что нужно, — это сделать пути двух лучей одинаковыми. А для этого достаточно немного подвинуть плоское зеркало-эталон поближе или подальше, причем зафиксировать величину сдвига. Что и делает специальный сверхточный механизм.

Итак, метод таков: посветили двумя лучами, зафиксировали интерференци-

льный каскад излучений — зеркально отраженное гамма-излучение, рассеянное атомами и электронами гамма-излучение, электроны, выбитые с различных орбиталей атомов (так называемые конверсионные и Оже-электроны), и, наконец, вторичное рентгеновское излучение. Все они несут полезную информацию. Поймать разнообразные лучи и расшифровать несомую ими информацию — вот это ученым под руководством доктора физико-математических наук С.М.Иркаева из Института аналитического приборостроения РАН (Санкт-Петербург) и удалось сделать с помощью специально разработанного детектора и нескольких других, тоже созданных ими, устройств.

«Скользкая мессбауэровская спектроскопия — совершенно новый, разработанный нами совместно с учеными из Московского и Санкт-Петербургского университетов метод, и основан он на двух физических явлениях — эффекте Мёссбауэра и эффекте полного внешнего отражения гамма-излучения, — рассказывает С.М.Иркаев. — Меняя угол падения исходного излучения, удастся регулировать глубину, на которую оно проникает в образец. Мы можем исследовать состав и структуру объектов на глубине от 0,2 до 1000 нм, то есть фактически про-

онную картинку — то есть сфотографировали, оцифровали и ввели в память компьютера интерференционную полосу нулевого порядка. Затем на один шаг переместили зеркало и повторили процедуру. Подвигали зеркало вперед-назад. Получили несколько пошаговых изображений — серию интерференционных полос, обработали и просуммировали их. И в результате узнали, на сколько — в числах — длина пути луча, отраженного от эталонного зеркала, отличается от пути его близнеца, которого отражало зеркало — объект исследования. И следовательно, проконтролировали качество этого зеркала. Просто и очень точно.

«Разумеется, наш метод тоже не лишен недостатков, — замечает Н.Г.Власов. — Например, он не может конкурировать с лазерным, если надо исследовать нестационарный объект, — все-таки нам требуется некоторое время. Но для огромного числа рядовых измерений, для контроля качества шлифовки нашему методу нет равных».

## Закат инфракрасных мастодонтов

Среди всех методов исследования ИК-спектроскопия для химиков — самая любимая, иногда — буквально последняя надежда. Что бы ни сварили синтетики, они несут это «на ИК», низко кланяются специалистам и просят установить структуру продукта их высоконаучной деятельности. Как правило, спектроскописты это сделать могут — если, конечно, у них есть ИК-спектрометр высокого разрешения. Ведь по поглощению или отражению излучения с определенными длинами волн в ИК-диапазоне можно установить, какие атомные группы есть в веществе.

Загвоздка в том, что измерить, какие именно длины волны поглощает вещество, очень трудно. Надо разложить излучение на составляющие — подобно тому, как обычная стеклянная призма разлагает белый свет на радужный веер, и измерить интенсивность прошедшего через объект или отраженного им излучения на каждой длине волны по отдельности. И вот тут-то появляется так называемые ИК-линейки фотодиодов: разложенный на составляющие луч падает на выстроенные в ряд фотодиоды, в идеале каждой длине волны — свой. Сколько фотодиодов в линейке — такова и чувствительность метода. Во втором варианте специальный механизм поворачивает зеркало — источник разложенного на составляющие луча, и один фотодиод измеряет интенсивность излучения каждой длины волны по очереди. Конечно, это очень упрощенное изложение, но, по сути, верное, а точность метода за-

*Российский спектрометр стоит на японском приборе компании «Хита-чи»*



висит от минимального угла поворота, который может обеспечить механический привод. Первый вариант — самый точный, но зато и самый дорогой: хорошая линейка обходится в несколько тысяч долларов. Впрочем, прецизионная механика второго способа обходится не намного дешевле. Поэтому хорошие ИК-спектрометры стоят дорого, десятки тысяч долларов, весьма громоздки и для массовых анализов малодоступны.

В основе устройства, которое разработали ученые из Центра фотохимии РАН в сотрудничестве со специалистами ЗАО НПКФ «Аквилон» лежит оригинальная оптическая схема измерителя длины волны. Главная находка — простой оптический датчик абсолютного углового положения, причем прототипом послужило нехитрое устройство, которое есть в любом лазерном факсе или сканере. Чтобы узнать угол поворота зеркала, авторы предложили направлять на него тонкий луч еще одного лазера. Зеркало отражает луч и попадает на фотодиод — уже другой, специально для него предназначенный. Расшифровав данные этого фотодиода, как раз и удастся с точностью в две десятых доли микро радиана узнать, на сколько именно угловых единиц зеркало отклоняет этот, дополнительный, луч. «В результате получаются ИК-спектры с воспроизводимостью лучше чем 0,5 нм, то есть на уровне самых дорогих приборов», — говорит руководитель работы А.А.Иванов. Причем такой спектрометр будет маленьким и, судя по всему, сравнительно дешевым.

Сейчас ученые уже собрали макет будущего спектрометра и исследовали работоспособность схемы измерителя длины волны. Все в порядке — схема работает. Правда, соотношение сигнал/шум у прообраза будущего прибора пока не очень велико.

Впрочем, авторы уверены: меньше чем через год макетный образец прибора будет окончательно готов. В результате должен появиться небольшой автоматизированный ИК-спектрометр, управляемый компьютером; он поможет решать как высоконаучные, так и вполне прикладные задачи. Например, быстро анализировать образцы биологических или пищевых жидкостей, таких, как кровь, алкоголь или молоко.

## Нюх как у собаки

Помимо желания увидеть что-то невиданное, у исследователей часто возникает стремление обнаружить нечто совсем уж неразличимое, скажем, одну молекулу среди миллиона других, свободно парящих в воздухе. До сих пор такой способностью обладали только живые существа, например бабочки, которые чувствуют половой феромон за несколько километров от его источника. Однако благодаря работе ученых под руководством кандидата физико-математических наук С.М.Никифорова из Института общей физики РАН человеку удалось подойти к созданию прибора, по чувствительности не только приближающегося к обонянию насекомого, но и превосходящего ее: он сумеет найти в воздухе считанные молекулы взрывчатки, наркотиков или большинства отравляющих веществ.

Дело в том, что все известные приборы либо нуждаются в предварительном разделении проб воздуха (что сильно понижает чувствительность, увеличивает длительность анализа и усложняет процесс распознавания), либо определяют структуру вещества по его фрагментам. А если структура соединения сложная, да еще оно в пробе не единственное, как это обычно и бывает в жизни, то инструментальным методам контроля задача оказывается не по зубам. Вернее — «не по носу».

Как показала совместная разработка ученых из ИОФ РАН и университета Монтаны (США), решить проблему может принципиально другой подход. Суть его в том, что молекулы искомого вещества сначала садятся — сорбируются — на специально обработанную кремниевую поверхность и взаимодействуют с ней. Затем луч лазера, образно говоря, сшибает молекулы с этой поверхности. При этом либо теряется, либо присоединяется один протон и частицы приобретают электрический заряд; их уже легко проанализировать с помощью так называемого времяпролетного масс-спектрометра. В нем частицы разгоняют электрическим полем и по времени полета до мишени определяют массу, то есть идентифицируют.

«Нам сильно повезло, — рассказывает С.М.Никифоров. — Наиболее распро-



страненные наркотики и взрывчатые вещества, да и большинство отравляющих веществ — это азотсодержащие соединения. Их общее свойство — способность участвовать в реакциях обмена протоном. Благодаря этому их легко протонировать (или депротонировать) лучом лазера. Полного понимания процесса ионизации на шероховатой поверхности пока нет, и мы ведем интенсивные фундаментальные исследования, поддержанные РФФИ. Зато использовать этот факт, практически подарок судьбы — или природы, как угодно, мы смогли».

Предварительно авторам пришлось решить две сложные задачи. Во-первых, добиться, чтобы большинство искомым молекул прилипло к сорбенту — кремниевой пластинке. Для этого ученые сделали ее шероховатой, сильно увеличив тем самым площадь поверхности. А во-вторых, нужен был эталон: чрезвычайно низкие концентрации искомым веществ или их аналогов, причем строго количественно — считанные, в прямом смысле этого слова, молекулы. Простым разбавлением сделать это невозможно — слишком неточно. Метод, предложенный авторами, исключительно остроумен. Они использовали известный принцип — так называемый пьезочувствительный элемент. Это кварцевая пластина, но с предварительно нанесенным покрытием, вес которого можно измерить по частоте колебаний пластины. Вот в это покрытие, как в матрицу, ученые и предложили вводить вещество-эталон. В вакуумной камере оно испаряется, а разницу в весе — и соответственно количество вещества, попавшего в объем камеры, — можно точно измерить по частоте колебаний пьезоэлемента.

В результате ученым удалось не просто разработать принципиально новый метод, который позволяет не хуже собаки находить взрывчатку и наркотики по следам их паров в воздухе. Они смогли сделать и откалибровать первый, опытный, образец такого анализатора. Теперь нужно оптимизировать его параметры и разработать программное обеспечение, чтобы прибор мог работать автоматически. По мнению авторов, при достаточном финансировании проекта через год это будет сделано.

## Аналитикам помогает фтор

Аналогичную задачу — создание эталона — решали и химики из екатеринбургского Уральского политехнического института под руководством академика О.Н.Чупахина. Их молекулы-эталон по структуре и свойствам чрезвычайно похожи на техногенные загрязнители — полихлордифенилы, полихлорфенолы и им подобные. Такие ана-

логи опаснейших токсикантов нужны для того, чтобы быстро и точно определять их, ядовитых врагов всего живого, содержание. В воде, земле, донных осадках — везде, куда они проникают и где накапливаются.

От своих весьма, увы, распространенных предшественников новые вещества отличаются тем, что в их молекулах есть один или несколько атомов фтора. Ни в природе, ни среди разнообразных продуктов человеческой деятельности таких соединений нет, во всяком случае — пока не было. Однако именно видоизмененные токсиканты могут послужить прекрасными эталонами в ходе анализа объектов окружающей среды.

Дело в том, что перед аналитиками вечно стоят две проблемы. Одна — это степень извлечения, вторая — точность определения. Если метод не прямой — например, сжег образец и по спектру пламени узнал, сколько там атомов и каких, то анализ разделяется по крайней мере на два этапа: сначала искомое вещество надо выделить, потом выяснить, много ли его в образце. Выделить все 100% вещества из пробы удается редко — значит, и результат будет занижен, возможно, очень серьезно. На эту ошибку может наложиться и погрешность определения — систематическая или случайная. Отсюда и неточные данные. А ведь в случае экотоксикантов ошибки могут быть в прямом смысле слова смертельно опасны.

Избежать подобных промахов как раз и позволяет метод внутреннего стандарта. Достаточно добавить в пробу заранее известное количество эталона — того самого внутреннего стандарта — и определить его количество. Если, условно говоря, сколько положили, столько и нашли — все в порядке, результат правильный. Если же эти числа не совпадают — скажем, добавили пять миллиграммов эталона, а нашли только три, — значит, надо искать ошибку или вводить поправочный коэффициент.

Однако есть два важнейших условия. Первое: свойства эталона и искомого вещества должны быть очень близки — весь путь в анализе эти соединения должны пройти «рука об руку». И второе: количество введенного стандарта нужно знать очень точно. Ведь если



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

даже небольшое количество эталона окажется в воде или посуде, в которой готовили образец, ошибка неизбежна.

Вот тут-то и проявятся преимущества новых соединений. В природе их вообще нет, и взяться им в образце иначе как из пробирки просто неоткуда. А поскольку их молекулы и свойства от токсичных аналогов почти не отличаются — это авторы проверили, то и за одинаковость определения они тоже ручаются.

Есть у новых соединений и еще одно полезное для аналитиков свойство. Большинство анализов проводят методом хроматографии — пропускают раствор через колонку с сорбентом и так подбирают условия, чтобы каждое вещество выходило из колонки по отдельности и в определенное время. Понятно, что токсиканты и их фторированные аналоги из хроматографической колонки выходят рядом, но последние обычно чуть раньше. Значит, появился эталон — жди и самого токсиканта: где, вернее, когда искать его — теперь хорошо известно. Точно определить количество поможет знание того, сколько в пробе было эталона. Если же в известное время эталон вышел, а токсикант нет, то его в пробе и не было — по крайней мере, в пределах обнаружения.

Уральские химики не только разработали все необходимые методики синтеза уникальных соединений, но и получили первые опытные партии таких стандартов. И уже сейчас новые эталоны и методика определения с их помощью полихлордифенилов проходят аттестацию в Госстандарте. Есть надежда, что узнать точнее, сколько в воде и почве экотоксикантов, можно будет уже в самое ближайшее время. А в данном случае знание — это не просто сила. Это жизнь.





**АББАСИДСКАЯ  
КЕРАМИКА —  
ДЕЛО РУК  
СРЕДНЕВЕКОВЫХ  
НАНОТЕХНОЛОГОВ**

*С помощью Рамановской спектроскопии французские ученые поняли механизм, который отвечает за переливающиеся цвета аббасидской керамики XII–XIV вв.*

Philippe Colombar, colombar@glvt-cnrs.fr

Глазурь на керамике периода Аббасидского (он же Багдадский) халифата подобна опалам: при изменении угла зрения она переливается всеми цветами радуги. За подобные эффекты обычно отвечают дифракционные решетки — правильно расположенные неоднородности нанометрового размера. В опале решетку образуют сфероиды оксида кремния. А разобраться с радужной глазурью французским исследователям из Национального центра научных исследований помогла Рамановская спектроскопия. Она показала вот что. В древней глазури в среднем много кальция и калия, но мало алюмосиликатов. Однако верхний ее слой совсем иной: в нем много оксида алюминия, а вот оксидов свинца и кремния — основных компонентов керамической глазури — мало. Главная же черта — крайне неравномерное распределение меди и серебра: непосредственно под верхним слоем они образуют металлические кластеры.

На основании полученных данных, а также записей XIV века ученые восстановили технологию. По их мнению, на глазурь из оксида свинца наносили смесь из глины, уксуса, сульфидов и оксидов меди и серебра, обжигали при температуре 500–600°C и охлаждали в печи. Уксус уже при нагреве до 80–100°C неплохо растворяет оксид свинца и вымывает его из поверхностного слоя, в котором при этом возникают поры. Их заполняют расплавляющиеся по мере нагрева соединения серебра и меди и частично превращаются в металлы из-за восстановительного характера атмосферы. Что же касается ацетата свинца, получившегося при растворении оксида, то он по достижении 200–300°C разлагается с образованием углерода. Над поверхностью керамики много кислорода, и углерод вспыхивает, нагревая ее выше 1100°C. А уже при 900°C оксид свинца, равно как и оксид кремния, хорошо испаряются. Поэтому они улетают из верхнего слоя и тот оказывается обогащенным оксидом алюминия.



**ОХЛАЖДЕНИЕ  
МИКРОСХЕМ  
ПЛАЗМЕННЫМ  
ВЕЕРОМ**

*Американские инженеры придумали новую концепцию охлаждения микросхем — с помощью веера из холодной плазмы.*

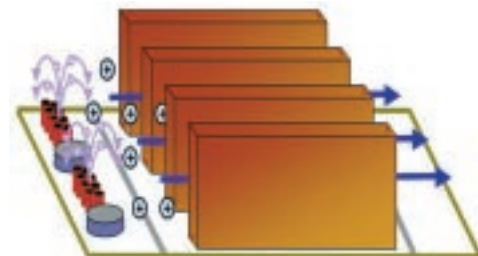
Suresh Garimella, sureshg@ecn.purdue.edu

Чтобы привести в действие плазменный веер, придуманный учеными из Университета Пэрдью, США, воздух ионизируют и начинают переменным электрическим полем гонять над микросхемой получившееся облачко плазмы. Молекулы воздуха сталкиваются с ним так же, как с перьями обычного веера, и перешиваются, то есть холодные частицы приходят на место горячих у поверхности микросхемы и та остывает.

«Обмен воздуха у поверхности микросхемы — головная боль для электронщиков, — говорит Суреш Гаримелла, директор университетского Центра исследований технологий охлаждения. — Именно поэтому в компьютере всегда есть вентилятор. А он мало того, что шумит, так еще и энергию потребляет. Кроме того, нужен сток тепла — радиатор, прикрепленный, например, к процессору. Наше устройство совершенно бесшумно; оно одновременно охлаждает микросхему и осуществляет воздухообмен».

Ионы для плазменного веера будут получать, срывая электроны с катода из нанотрубок. Этот материал не случайно считается наиболее перспективным для холодных катодов в электронно-лучевых трубках: заостренные нановершины легко расстаются с зарядом. Альтернативный материал — поликристаллические алмазные пленки: границы между их зернами тоже хорошо излучают электроны. В результате для ионизации воздуха оказывается достаточно разности потенциалов в сто вольт вместо обычных киловольт.

«Подобные устройства легко изготовить обычными методами микроразработки непосредственно на микросхеме. Это будет просто еще одним ее слоем», — считает Суреш Гаримелла. Сейчас исследователи заняты патентованием, а также выяснением того, какое именно количество тепла уйдет от плазменным веером.



**КРИСТАЛЛЫ  
ИЗ БАКТЕРИЙ**

*Бактерии, которые синтезируют длинные монокристаллы оксида железа, — свежая находка американских физиков*

Gelsomina De Stasio, pupa@src.wisc.edu, Jillian F. Banfield, jill@eps.Berkeley.edu

Удача микробиолога состоит в том, чтобы найти образец с необычными микроорганизмами и потом вырастить их. Вот, например, сотрудники саратовского филиала ВНИИ генетики нашли на заводе по производству акриламида трубу, из которой капало совсем немного сырья — нитрилакриловой кислоты (страшного яда, надо сказать), собрали образцы почвы; из обнаруженных там микробов выделили особый штамм и создали уникальную биотехнологию синтеза акриламида (см. «Химию и жизнь», 1992, № 8). Ее с успехом используют на предприятии «Биоамид». А вот американским ученым удача улыбнулась тогда, когда подводники-любители вернулись из погружения в ствол одной из затопленных висконсинских шахт и принесли в университет образцы налета желтого цвета. При анализе оказалось, что в нем находятся невиданные ранее микробы: на их мембранах располагались скрученные пряди микронной длины и нанометровой толщины. Они представляли собой композиционный материал — полимерную оболочку с сердцевинкой из монокристалла оксида железа.

«Мы имеем дело с микробами, которые, скорее всего, получают энергию за счет восстановления оксида  $Fe_2O_3$ . При этом отщепляется кислород, а получившийся в качестве отхода оксид  $FeO$  выделяется в полимерном волокне», — говорит профессор физики Земли и планет Джиллиан Банфилд из университета Калифорнии. «Эти волокна — ключевая находка, — считает ее коллега Джельсомина Де Стазио, профессор физики из университета Висконсина. — Они служат шаблонами, которые не позволяют нанокристаллам разрастаться в ширину, так что получаются необычайно длинные монокристаллы».

Вполне вероятно, что открытие американских ученых положит начало новому направлению как в технологии конструкционных материалов, так и в нанотехнологии: нужно лишь научить монокристаллому искусству те бактерии, которые и так умеют полностью восстанавливать металлы из оксидов.



**ТОМОГРАФ  
ДЛЯ СОРТИРОВКИ  
СЕМЯН**

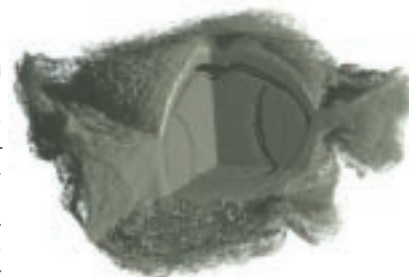
*Немецкие ученые на-  
учили рентгеновский  
томограф автоматичес-  
ки сортировать семена.*

Antje Wolff, wolff@fr-  
strube.de,  
www.strube-  
dieckmann.com

Как известно, что посеешь — то и пожнешь, однако тесты на всхо-  
жесть сейчас единственный способ проверки качества семян. «Тес-  
ты требуют немало времени, особенно в крупной семеноводческой  
компании вроде нашей, которая фасует четыре тысячи тонн семян  
сахарной свеклы в год, — говорит доктор Андже Вольф, из исследо-  
вательского подразделения в компании «Штрубе-Дикманн» (ФРГ). —  
Два года назад мы приняли решение создать установку, которая по-  
зволяет контролировать до дюжины параметров каждого семечка».

Рентгеновский микротомограф сканирует отдельные семена, а ком-  
пьютер в это время строит сечения каждого семечка, создает трех-  
мерный образ, распознает по нему различные ткани и измеряет их  
объем. По результатам анализа он тут же сортирует семена, причем очень быстро, по сотне штук за  
пару минут.

Помимо отработки алгоритма распознавания, ученые решили еще одну важную задачу — установили  
связь между морфологией семечка и последующими параметрами развития растения: в противном слу-  
чае невозможно было бы наладить сортировку.



В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ОЧЕРЕДНОЙ  
ПОДХОД  
К МЕТАМАТЕРИАЛАМ**

*Американские ученые  
сконструировали мета-  
материал, который со-  
здаёт магнитное поле  
в ответ на поток тера-  
герцевой излучения.*

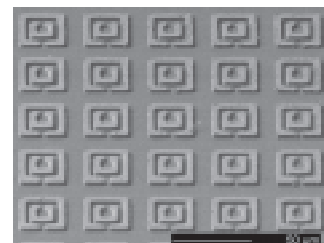
Sherry Seethaler,  
sseethaler@ucsd.edu,  
David Smith,  
drs@physics.ucsd.edu

В 1968 году В.Г.Веселаго из МИФИ выдвинул очень необычную концепцию. Он предположил, что  
возможно создание материала, ответ которого на некое внешнее воздействие будет прямо противо-  
положным обычному. В 2003 году доцент университета Калифорнии Давид Смит и его коллеги создали  
медный материал, который в ответ на электромагнитное, а именно терагерцевое, излучение создает  
магнитное поле.

Материал представляет собой медные микрорезонаторы, которые покрывают поверхность кремние-  
вой пластинки. Каждый резонатор состоит из двух вставленных друг в друга квадратов, причем одна  
стенка у них разомкнута. Общая ширина каждого резонатора не превышает 50 мкм.

«Медные элементы, слагающие материал, аналогичны атомам твер-  
дого тела, — говорит руководитель работы профессор Жианг Чанг. —  
Хотя медь не способна намагничиваться, в резонаторах магнитное поле  
возникает и весь материал становится магнитом. То есть такой метама-  
териал обладает свойствами, которые отсутствуют у составляющих его  
частей. Я думаю, что на основе нашего открытия мы создадим целую  
серию принципиально новых устройств терагерцевой техники».

Считается, что терагерцевая техника совершит революцию в меди-  
цинской диагностике, неразрушающих методах контроля и навигации:  
ведь эти лучи значительно менее опасны рентгеновских, а просветив  
ими тот или иной объект, можно установить не только его структуру, но  
и послойное распределение химических веществ.



В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

**ПЛЕТЕНИЕ  
ИЗ НАНОВОЛОКОН**

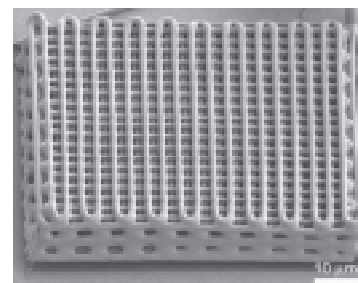
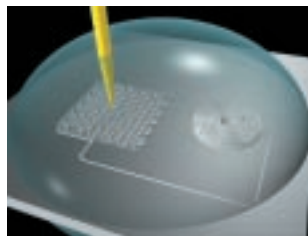
*Подобно тому, как  
паук плетет свою сеть,  
американские химики  
научились плести  
трехмерные структуры  
микронного размера.*

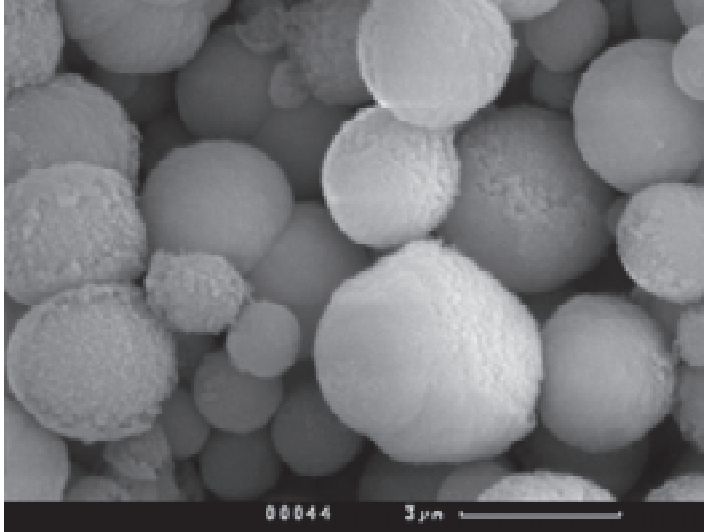
Пресс-секретарь  
университета James  
E. Kloeppel,  
kloeppel@uiuc.edu

Основное устройство для плетения трехмерных микроструктур чем-то напоминает кондитерский шприц  
для изготовления розочек на торте, только вместо крема американские химики во главе с профес-  
сором материаловедения из университета Иллинойса, США, Дженнифер Льюис выдавливают из него  
чернильный раствор. Пару лет назад («Химия и жизнь», 2002, № 10) чернила представляли собой колло-  
идный раствор, и размер элементов составлял десятки микрон. Теперь же они сделаны из полиэлектро-  
литов, и размер уменьшился до рекордных пятисот нанометров.

Полиэлектролиты — это полимеры, которые несут на себе группы с разным электрическим зарядом.  
Если две противоположно заряженные молекулы оказываются близ-  
ко друг от друга, они соединяются. В растворе же их можно удер-  
жать от соединения, если добавить не-  
много соли: ее ионы сядут на заряжен-  
ные участки полимеров и соединяться  
им будет нечем. В результате возмо-  
жен очень интересный эффект (кото-  
рым, кстати, воспользовались ученые  
с Химического факультета МГУ им.  
М.В.Ломоносова под руководством ака-  
демика В.А.Кабанова, создавая поли-  
мерные покрытия для почвы) — при раз-  
бавлении раствор полиэлектролитов  
превращается в твердое вещество («Химия и жизнь», 2003, № 5). Механизм здесь такой: растворитель  
вымывает соль, заряженные участки молекул освобождаются и полимеры соединяются в монолит.

Примерно так работают и чернила, созданные Дженнифер Льюис: выдвинутый из сопла раствор  
полиэлектролитов попадает в резервуар с деионизированной водой или изопропиловым спиртом. Там он  
мгновенно твердеет, но при этом успевает приклеиться к нижележащим волокнам. Этим способом уда-  
ется строить любые изящные структуры диаметром с человеческий волос. Например, трехмерные ре-  
шетки. По мнению авторов работы, эти микроскопические изделия пригодятся в качестве шаблонов для  
изготовления фотонных кристаллов, для прокачивания микроколичеств жидкости, а могут стать карка-  
сом для выращивания живых тканей.

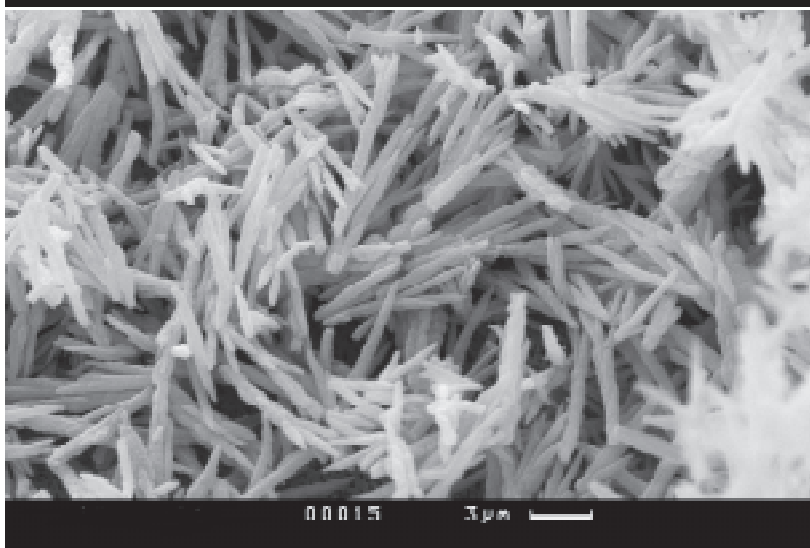
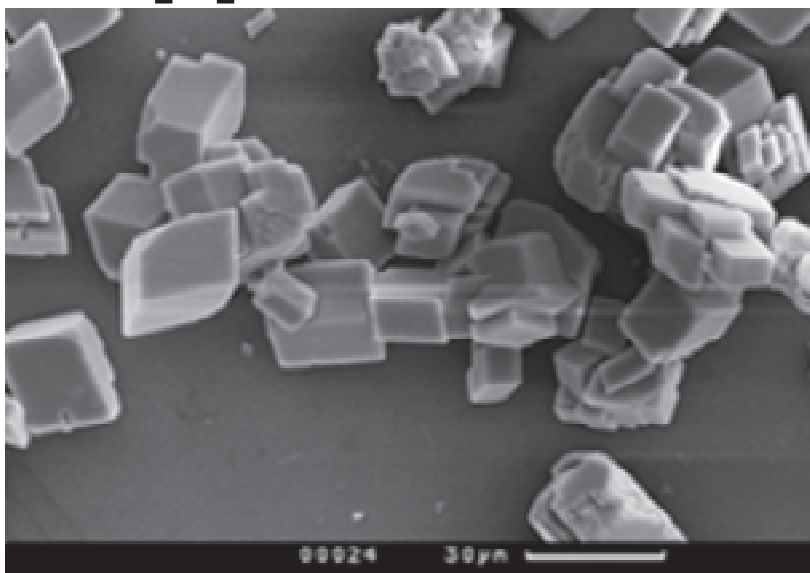




**1**  
 Так выглядят частицы ватерита, арагонита и кальцита под электронным микроскопом (белая полоска под каждым снимком передает масштаб в микрометрах)

Доктор химических наук  
**С.С.Бердоносков,**  
**И.В.Знаменская**

# Цветочки для Дюймовочки



Простые неорганические соединения часто поражают воображение необычной формой своих аморфных и кристаллических частиц, особенно если рассматривать их под электронным микроскопом. О миниатюрных трубочках из оксида алюминия — изящных «дудочках для Дюймовочки», мы уже рассказывали читателям (см. «Химию и жизнь», 2002, № 4). А сегодня речь пойдет о цветах для Дюймовочки, которые образуются из микрочастиц карбоната кальция  $\text{CaCO}_3$  при реакции между растворами нитрата кальция и карбоната натрия.

Известно, что карбонат кальция существует в четырех безводных полиморфных модификациях. Аморфная модификация представлена мелом, а три кристаллических — стабильным кальцитом, нестабильными арагонитом и ватеритом (рис. 1). Кристаллы кальцита, ватерита и арагонита различаются не только внешним видом и кристаллическими решетками, но также плотностью, растворимостью в воде и другими свойствами. При хранении в маточном растворе или при длительном нагревании кристаллы арагонита и ватерита переходят в кристаллы кальцита.

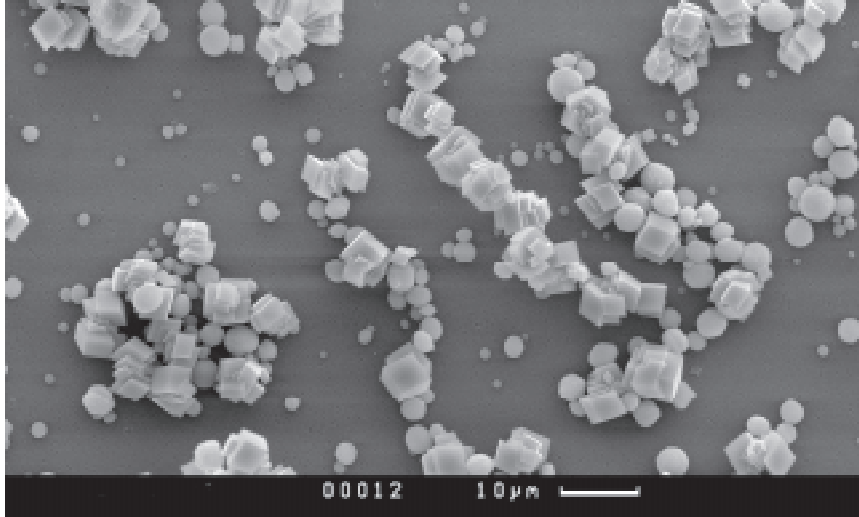
По нашим наблюдениям, этот переход в водной среде происходит по двум маршрутам. Первый — неоднократно описанная в литературе перекристаллизация: частицы метастабильных фаз ватерита или арагонита со сравнительно высокой растворимостью постепенно переходят в водную фазу и затем выделяются в виде частиц кальцита с более низкой (при той же температуре) растворимостью в воде.

Второй маршрут — эстафетная кристаллизация, которую впервые обнаружили член-корреспондент РАН, профессор Химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова И.В.Мелихова и его сотрудники. В каком-либо участке одного из кристаллов метастабильной фазы спонтанно зарождается стабильная фаза, в нашем случае — фаза кальцита, и затем вся частица быстро переходит в стабильную модификацию.

А дальше в водной суспензии, которую непрерывно перемешивают, начинается «игра в салочки». Возникшая частица кальцита, коснувшись соседней частицы метастабильного карбоната кальция, например ватерита, «заражает» ее и заставляет быстро превратиться в кальцит. Обе частицы кальцита срастаются, причем кристаллическая решетка одной частицы становится как бы продолжением кристаллической решетки другой частицы. Когда этот сросток касается еще одной частицы ва-

*Электронно-микроскопические снимки получены в лаборатории электронной микроскопии МГУ им. М.В.Ломоносова. Авторы выражают глубокую благодарность заведующему лабораторией Г.Н.Давидовичу и ее ведущему сотруднику А.Г.Богданову за постоянную помощь и поддержку*





**2**  
*Сростки кальцита, образовавшиеся при эстафетной кристаллизации ватерита в водной суспензии*



**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**

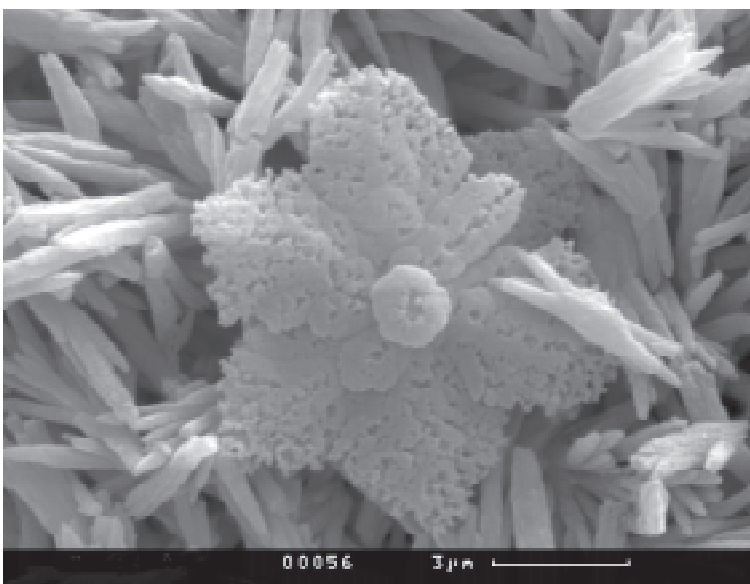
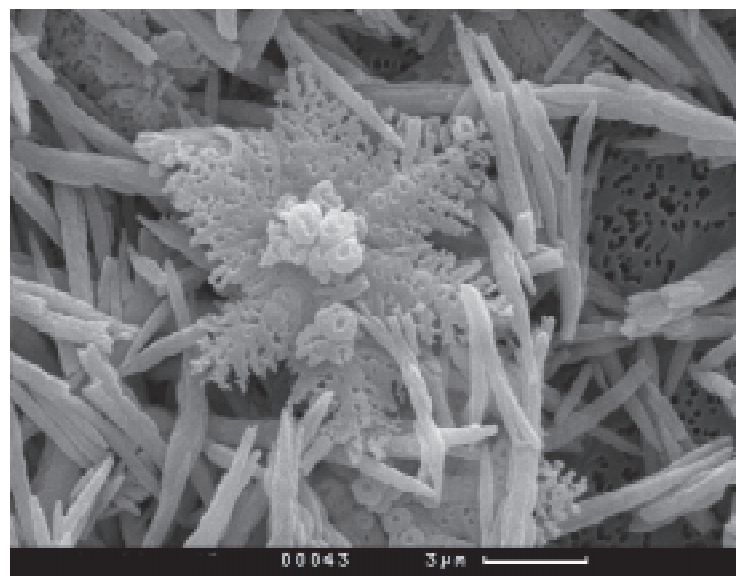
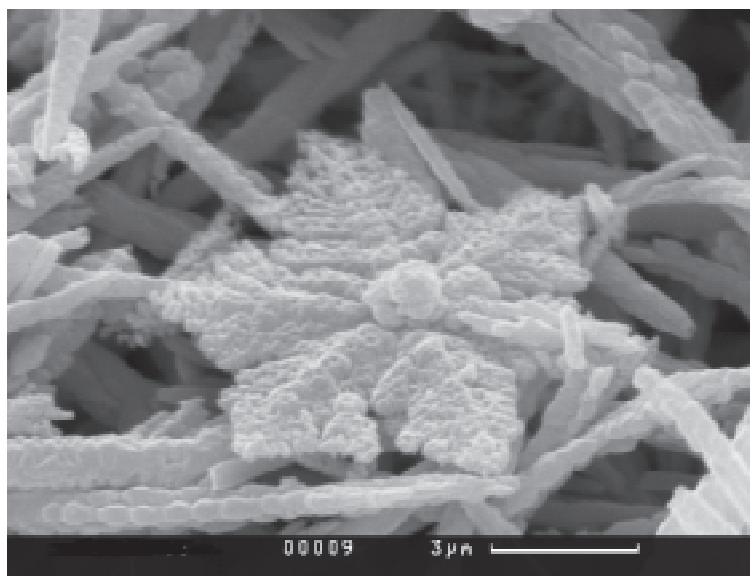
терита, процесс преобразования и срашивания повторяется.

В результате этой игры в салочки в суспензии из частиц ватерита формируются сростки частиц кальцита, объединяющие десятки «игроков», — это хорошо видно на электронно-микроскопических снимках (рис. 2). Вытянутая форма некоторых сростков объясняется тем, что при эстафетном пути сохраняются кристаллографические направления, которые были в исходном микрокристалле кальцита.

Формирование той или иной кристаллической формы карбоната кальция (кальцита, арагонита или ватерита) происходит во время его осаждения лишь при определенном сочетании условий: чистоты и концентрации исходных реагентов, температуры растворов, значения их pH, порядка смешивания растворов и т. д. Но вот что интересно: в условиях, «пограничных» между областями более или менее воспроизводимого приготовления той или иной кристаллической

формы карбоната кальция, постоянно формируются частицы, форма которых напоминает прекрасные цветы или даже живые существа теплых морей (рис. 3). Такие неорганические «цветы», из которых можно собрать целый букет для Дюймовочки, при подходящих условиях в сухом виде долгие годы сохраняют свой внешний вид. В отличие от обычных, цветы из карбоната кальция не завянут.

Более того, внешний вид частиц карбоната кальция, их морфология столь же долго хранят информацию о том, при каких именно условиях они формировались. Поэтому необычные цветы могут быть интересны не толь-



**3**  
*Цветы из карбоната кальция, годами хранящие информацию о тех условиях, при которых они образовались*

ко сказочной Дюймовочке, но и тем, кто исследует процессы, давным-давно протекавшие на нашей Земле (а если такие цветы обнаружатся в метеоритах — то и на далеких космических объектах).

Подробнее об условиях формирования различных полиморфных форм карбоната кальция при его осаждении из водных растворов можно прочесть в обзоре: С.С.Бердоносов, Д.Г.Бердоносова и И.В.Знаменская. Промышленный синтез, свойства и практическое применение высокодисперсного карбоната кальция. — «Химическая технология», 2002, № 8, с.3–11.

# Электроны и углеродные трубы

## Что это такое

Углеродная нанотрубка состоит из того же, из чего состоит фуллерен, — из углерода, из таких же пяти- и шестиугольников. Но она не шарообразная, а продолговатая — труба с двумя полусферами-шапочками, «полуфуллере-нами», на концах. Можно считать, что это вытянутый фуллерен, можно считать, что фуллерен — предельно короткая нанотрубка. Нанотрубки на 15 лет моложе фуллерена — С.Иджима и Т.Исихаши открыли их всего 10 лет назад в саже, которая образуется в дуговом разряде с графитовыми электродами. То есть среди фуллеренов. Размеры: диаметр, естественно, как у фуллеренов — от одного до нескольких десятков нанометров, длина — до нескольких микрон. Стенка может быть однослойной и многослойной.

Фуллерен — это молекула, а что такое нанотрубка? Считать ее молекулой как-то неудобно, при длине-то в несколько микрон. А завтра сделают миллиметровую... Так что это нечто «промежуточное». Современная физика и химия знают много таких объектов, не принадлежащих ни макро-, ни микромиру, но дело не в названиях, а в понимании и применении, так что приступим. Начать рассказ можно со структуры, с получения или со свойств. Мы начнем с получения.

## Как сделать

Углеродные нанотрубки образуются в результате химических превращений углеродсодержащих материалов при повышенных температурах. Зажигаем дуговой разряд с графитовыми электродами, например, в гелии. При токе дуги 100 А и напряжении 25–35 В температура плазмы и поверхности анода — 4000 К. Анод испаряется, то, что испарилось, конденсируется, затем разгребаем все это — и находим. Много исследований посвящено всяким усовершенствованиям метода — естественно, ради увеличения выхода целевого продукта, — и уже дос-

тигнута скорость синтеза нанотрубок один грамм в минуту. Управлять составом продукта можно, применяя катализаторы. Если их нет, сажа содержит фуллерены, графитовые частицы нанометровых размеров и нанотрубки с многослойной стенкой. Если в электроды вводить разные элементы (Co, Ni, Fe, Cu, Mn, Li, B, Si, Cr, Zn, Pd, Ag, W, Pt, Y, Lu), то в смеси возрастает содержание однослойных нанотрубок. Почему-то особенно эффективно введение двух элементов одновременно.

Другой способ — испарение графита лазерным облучением (этим методом были впервые получены фуллерены). Берем лазер помощнее, стреляем по графиту, при надлежащей плотности мощности графит испаряется, и в конденсате обнаруживаются фуллерены, графитовые частицы нанометровых размеров и многослойные нанотрубки.

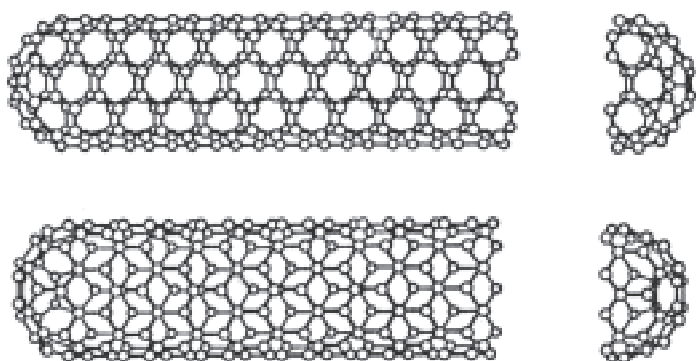
При введении в графит металлических катализаторов (лучше всего, как и в случае с дугой, двухкомпонентных сплавов, содержащих Ni, Co, Fe, Y и Pt) образуются в основном однослойные нанотрубки. Почему — никто не знает. Равно как и почему, если стрелять по мишени не одним импульсом, а двумя, получаются нанотрубки не любых теоретически возможных размеров, а преимущественно какого-то определенного. И почему параметры трубок сильно зависят от параметров излучения. И почему трубки получаются не поодиночке, а «жгутами» диаметром в десятки нанометров — как провода внутри радиоприборов. Может быть, одни нанотрубки являются местами зарождения, начала роста других?

Излучение лазера можно заменить сфокусированным солнечным — нанотрубки получают ничуть не хуже. Есть и принципиально иной способ: термохимическое разложение углеродсодержащих соединений на поверхности металлического катализатора. Металлический порошок нагревают до 700–1000°C и через него продувают смесь, например  $C_2H_2$  и  $N_2$ . При этом образуются углеродные

нити, металлические частицы, заключенные в многослойную графитовую оболочку, и многослойные нанотрубки. Этот метод удобен тем, что нанотрубки могут быть получены не где попало, а на поверхности какой-либо детали. Причем если поверхность пористая, а в порах находятся частицы катализатора, то трубки растут от каждой частицы и очень аккуратно — перпендикулярно поверхности подложки.

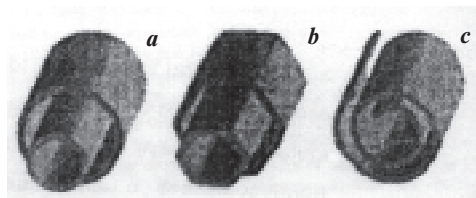
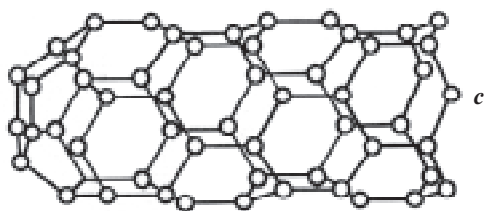
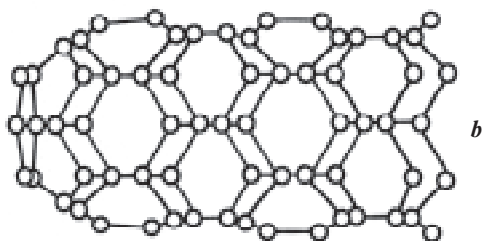
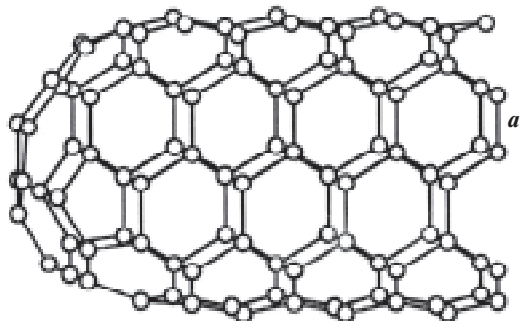
Правда, возникает проблема изготовления соответствующих подложек, но несколько решений было найдено. Использовали пористые пластины из окиси кремния, легированной металлическим катализатором, анодированный (окисленный) алюминий, пористые кристаллы  $AlPO_4$  и другие материалы. Поры вообще-то не обязательны — например, было обнаружено, что трубки растут на островках пленки  $CoSi_2$ , напыленной на кремниевую подложку, или на железных островках. Возможность управлять ростом трубок, предписывать им, где расти, а где нет, важна именно для тех применений, о которых будет сказано ниже.

Если мы намереваемся получать нанотрубки из дугового разряда или лазерным облучением, нам придется отделять их от примесей — частиц графита, аморфного углерода и металла (того, который был катализатором). Для разделения продуктов применяли все, что могли: фильтрацию, обработку ультразвуком, центрифугирование, химические и термохимические методы, нагрев в присутствии воздуха. Химическая стабильность углеродных нанотрубок, не имеющих свободных связей, значительно выше стабильности частиц графита и металла, поэтому, аккуратно окисляя смесь, удается получить материал, состоящий почти из одних нанотрубок. В отличие от молекул фуллеренов, углеродные нанотрубки не растворяются в органических растворителях. Поэтому жидкостную хроматографию применить нельзя, но удастся разделить нанотрубки по размерам, пропуская их суспензию через пористый материал.



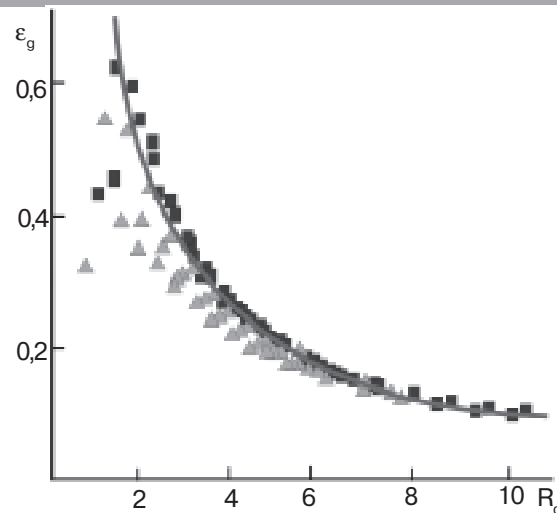
1  
Иллюстрация хиральности нанотрубок: свертывание под углом  $0^\circ$  — armchair, под углом  $30^\circ$  — zigzag

2  
Структура однослойных нанотрубок диаметром 0,7 (a), 0,47 (b), 0,39 (c) нм, замкнутых молекулами фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{36}$ ,  $C_{20}$  соответственно



3  
Многослойные нанотрубки: а) «матрешка»; б) шестигранная призма; в) свиток

4  
Зависимости ширины запрещенной зоны от радиуса нанотрубки для нанотрубок с различными хиральностями.  
 $R_d = R / d_0$  — приведенный радиус нанотрубки, выраженный в единицах расстояния между соседними атомами углерода в графитовой решетке



## Как устроены

Идеальная однослойная нанотрубка — это свернутая в цилиндр графитовая плоскость, то есть плоскость, выложенная правильными шестиугольниками из атомов графита. Сворачивать такую плоскость можно в разных направлениях: вдоль грани шестиугольника — трубки «armchair» (кресло), перпендикулярно грани — трубки «zigzag» и во всех промежуточных. Полученные трубки будут иметь, как говорят, разную хиральность (угол между гранью и направлением скручивания). То есть в отличие от перчаток, которые делятся на левые и правые, трубки бывают разной «правизны». Но края плоскости смыкаются аккуратно, без искажения положения атомов, если сворачивать именно вдоль этих двух направлений — они и показаны на рис. 1. От хиральности зависят свойства, например, трубки «armchair» проводят ток, как металлы, и наиболее устойчивы. Остальные трубки — полупроводники, причем от хиральности и диаметра зависит ширина запрещенной зоны. Заметим, что тут просматривается забавная возможность существования схем и приборов из одного элемента, в том числе и с некоторым аналогом гетеропереходов (близкая решетка, но разная ширина запрещенной зоны).

Диаметр нанотрубки определяется размером замыкающего «полуфуллере-на». Первые полученные нанотруб-

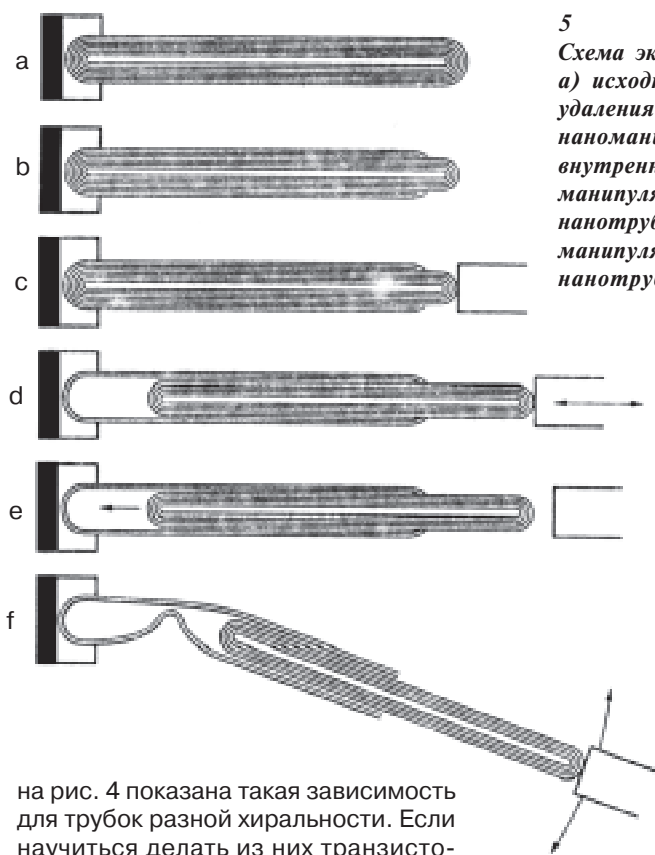
ки имели диаметр около 1,36 нм, что соответствует молекуле фуллерена  $C_{240}$ , также обладающей повышенной стабильностью. Нанотрубки с диаметрами 0,7, 0,47 и 0,39 нм должны замыкаться симметричными и стабильными молекулами фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{36}$  и  $C_{20}$ , но получить их удалось лишь недавно (рис. 2). Самая тонкая на сегодня трубка имеет диаметр 0,33 нм — она скручена наискось. А многослойные нанотрубки могут иметь одну из трех структур, показанных на рис. 3. Какая структура получится, зависит от условий синтеза, но наиболее типична «русская матрешка».

Нанотрубки, как и все в этом мире, не идеальны. Например, на их поверхности могут попадаться пяти- и семиугольники. При внедрении пятиугольника возникает выпуклость, семиугольника — вогнутость. В результате появляются изогнутые и спиралевидные нанотрубки. Если у спирали постоянный шаг, это говорит о регулярном расположении дефектов на поверхности нанотрубки. Почему возникает такая регулярность — никто не знает. Который раз на протяжении этой небольшой статьи мы повторяем эти слова? А ведь мы добрались лишь до середины.

## Свойства

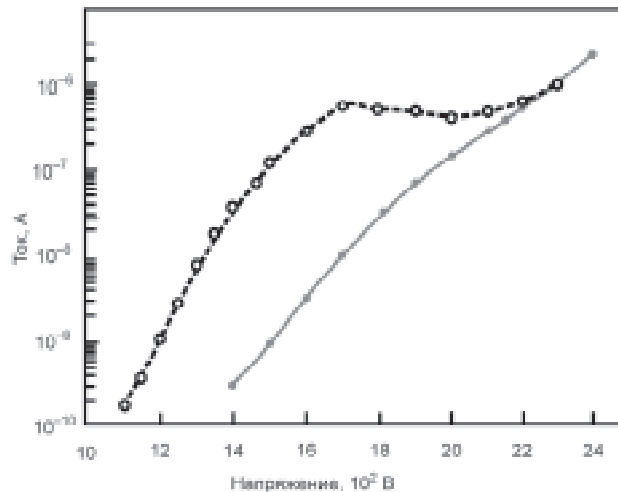
Первое удивительное свойство — зависимость ширины запрещенной зоны от параметров нанотрубки. Например,





5

Схема эксперимента по удлинению и обострению многослойной нанотрубки: а) исходная нанотрубка; б) нанотрубка после электротермического удаления внешних слоев с наконечника; в) нанотрубка с приваренным наноманипулятором; д) движения манипулятора вызывают перемещения внутренних слоев нанотрубки относительно наружных; е) удаление манипулятора приводит к пружинному возврату внутренних слоев нанотрубки в исходное положение; ф) поперечные перемещения манипулятора приводят к обратимому изгибу наружных слоев нанотрубки



6

Вольт-амперные характеристики индивидуальной однослойной нанотрубки при наличии (пунктирная линия) и отсутствии (сплошная линия) адсорбатов

на рис. 4 показана такая зависимость для трубок разной хиральности. Если научиться делать из них транзисторы, они будут — страшно представить, какие маленькие. Второе — большое отношение длины к диаметру. Поэтому, если положить трубку вдоль линий электрического поля, напряженность поля на кончике окажется весьма большой и начнется автоэлектронная эмиссия, которая очень нужна разработчикам плоских кинескопов и некоторых осветительных приборов. Третье — внутрь трубок можно вводить разные вещества и хранить их там. Причем, поскольку у трубок велика поверхность, они — хороший сорбент. Вдобавок, если ввести внутрь вещество, которое в обычных условиях — газ, в трубке оно будет набито почти как в конденсированной фазе. Кто тут что-то говорил о водородной энергетике?

У нанотрубок аномально высока прочность на растяжение и изгиб, поэтому их уже используют как активные элементы измерительных устройств, определяющих нанометровую структуру поверхностей. Введение даже небольшого количества трубок в композиты улучшает их механические свойства. Недавно обнаружено, что от механической нагрузки зависят их электрические свойства, поэтому в принципе на основе нанотрубок можно сделать сверхминиатюрные преобразователи механического сигнала в электрический и обратно. Не изменили ли это облик и акустических устройств, и атомно-силовых микроскопов?

Свои особенности у многослойных трубок. Например, если удалить верхние слои с конца нанотрубки (пропуская ток — то есть, по-видимому, термически), то можно вытянуть внутренние слои, как показано на рис. 5. Причем небольшое вытягивание обратимо, а большое — нет. Если изогнуть несильно, форма также восстанавливается, если сильно — нет. Измерив время возвращения внутренних слоев нанотрубки на место, установили силу статического ( $2,3 \cdot 10^{-14}$  Н/атом) и динамического ( $1,5 \cdot 10^{-14}$  Н/атом) трения одного слоя о другой. Обратите внимание на новенькую единицу — не Ньютон на метр или там миллиметр квадратный, а Ньютон на атом. И еще — трение пока, как и в макромире, больше трения движения.

Проводимость нанотрубок в самой примитивной модели должна была бы соответствовать проводимости вдоль графитовой плоскости. Это не так, но вдобавок измеренные значения имеют очень большой разброс. Похоже, что проводимость зависит не только от хиральности, но и от дефектов структуры и наличия присоединенных радикалов (ОН, СО и др.). Измерение проводимости индивидуальных нанотрубок представляет собой, мягко говоря, трудную задачу. Приходится при-

менять атомно-силовой микроскоп, и оказывается, что сопротивление составляет примерно 1–10 кОм. Это сопротивление соответствует баллистическому механизму переноса заряда, при котором электрон преодолевает кусок трубки примерно в 1 мкм вообще без рассеивания. При изгибе трубки на  $75^\circ$  сопротивление увеличивается примерно в 100 раз (возникает рассеивание в месте изгиба), и на основе этого эффекта может быть создан новый класс сверхминиатюрных преобразователей механического сигнала в электрический.

Изучение температурной зависимости проводимости изогнутого участка нанотрубки позволило установить, что через место изгиба электрон туннелирует. Поэтому, изгибая трубку, можно создать в ней туннельный переход и приборы на его основе. Туннелирование происходит и через контакт двух трубок. Не произойдет ли второе рождение туннельного диода?

Если хиральность трубки такова, что она ведет себя не как металл, а как полупроводник, то ее сопротивление в несколько тысяч раз выше (десятки МОм), и оно не распределено равномерно по длине, как у нормального проводника, а сосредоточено в «барьерах», расположенных примерно через каждые 100 нм вдоль



длины нанотрубки. Что это за барьеры — неизвестно.

Проводимость многослойных трубок не столь экзотична, зато недавно появились сообщения о наблюдении перехода материала, содержащего нанотрубки, в сверхпроводящее состояние.

## Электроны, добытые из трубок

Итак, нанотрубки длинные, тонкие и проводящие. Поэтому, если расположить их на подложке торчком, а потом подвести к подложке электрическое напряжение, то на вершинах трубок будет высокая напряженность поля. Значит, их можно использовать в качестве автоэлектронных эмиттеров (углеродные нити так используют уже давно). Автоэлектронную эмиссию однослойных нанотрубок (см. рис. 6) впервые наблюдал И.Сайто в 1997 году. Нынче с электродов, содержащих нанотрубки, удастся получить эмиссию  $1 \text{ мА/см}^2$  при напряжении 1000 В. Чтобы сделать прибор на основе трубок, надо научиться выращивать их в определенном порядке — где надо, а не где попало. С помощью катализаторов (см. выше) это удастся сделать. На основе таких катодов уже созданы плоские кинескопы и катодно-лучевые источники света. За десять лет пройден путь от открытия углеродных нанотрубок до создания эффективных конкурентоспособных электронных приборов, работающих на их основе. Причем конкурентоспособных на очень не пустом рынке.

Традиционно считается, что источником автоэлектронной эмиссии служит головка трубки, в окрестности которой напряженность поля максимальна. Однако эмитирует и боковая поверхность — хоть плотность тока на ней ниже, зато площадь намного больше. Поэтому оптимизация геометрии эмиттеров будет сложной задачей. Недостаток эмиттеров — высокая чувствительность к примесям и наличию остаточных газов (плохому вакууму). Это слабое место всех автоэмиттеров, можно утешать себя

тем, что для многих других элементов она больше, чем для углерода.

Автоэлектронная эмиссия нанотрубок открыта относительно недавно и изучена пока плохо. В частности, неизвестно, как она зависит от хиральности, диаметра, дефектов и изгибов поверхности однослойных и многослойных нанотрубок. Тем не менее уже сейчас изготавливают катоды из нанотрубок и приборы на их основе.

## Приборы с «нанотрубным» катодом

Это плоские дисплеи, источники рентгеновского излучения и люминесцентные источники света. Все они экономичнее, меньше по весу и размерам, чем их обычные аналоги. Первый плоский дисплей на нанотрубчатом катоде сделал К.Х.Ванг в 1998 году (через год после открытия эффекта). Диаметр экрана был всего 1 см, но уже через три года В.Б.Чой изготовил цветной дисплей размером 4,5 дюйма по диагонали.

В катодолюминесцентной лампе источником излучения служит слой люминофора, облучаемый пучком быстрых электронов. Традиционно в качестве источника такого пучка используется горячий катод, однако необходимость нагрева катода усложняет конструкцию лампы и повышает энергопотребление. Лампа с автоэлектронным катодом из нанотрубок была сделана в том же 1998 году И.Сайто, С.Уэмурой и К.Хамагучи, срок ее службы (слабое место ламп накаливания) превысил 10 тысяч часов, а яркость свечения не уступала обычным люминесцентным лампам.

Первый источник рентгеновского излучения на основе катода из углеродных нанотрубок был изготовлен Х.Суги два года назад. Такому источнику — в отличие от обычного, с термокатодом — не нужно напряжение накала для разогрева катода, да и качество получаемых с его помощью снимков оказалось выше.

Наконец, в некоторых случаях катоды из нанотрубок можно использовать в газоразрядных приборах, например

в разрядниках. Такой прибор был изготовлен и успешно испытан три года назад Р.Розеном.

## Итого...

Открытие углеродных нанотрубок — одно из наиболее важных достижений современной науки. Эта форма углерода по своей структуре занимает промежуточное положение между графитом и фуллеренами, однако многие ее свойства не имеют ничего общего ни с графитом, ни с фуллеренами. Это самостоятельный материал, обладающий уникальными физико-химическими характеристиками. Они открыты в результате фундаментальных исследований, но вскоре было обнаружено, что свойства нового объекта уникальны и ему светят разнообразные применения. Пока что нанотрубки дороже золота, но из золота, как писал А.Р.Беляев, можно делать только канализационные трубы, а для метрологии, электроники и наноэлектроники интереснее нанотрубки. О чем мы и попытались рассказать.

А еще в «IBM Research» недавно получили нанотрубки, светящиеся при пропускании тока. Новое излучающее устройство представляет собой амбиполярный полевой транзистор. На одном из концов нанотрубки расположен исток, на другом — сток транзистора, в исток вводятся электроны, в сток — дырки, посередине они рекомбинируют с излучением на волне 1,5 мкм. Длина волны зависит от диаметра нанотрубки. Изменяя напряжение на затворе, можно управлять свечением. Вот тебе, схемотехник, даже не светодиод, а светотранзистор из нанотрубки.

**Л.Хатуль,**

по материалам статей  
доктора физико-математических наук  
А.В.Елецкого в журнале  
«Успехи физических наук»



Доктор биологических наук

**Е.П.Харченко,**

Институт эволюционной физиологии и биохимии им.И.М.Сеченова РАН;

**М.Н.Клименко,**

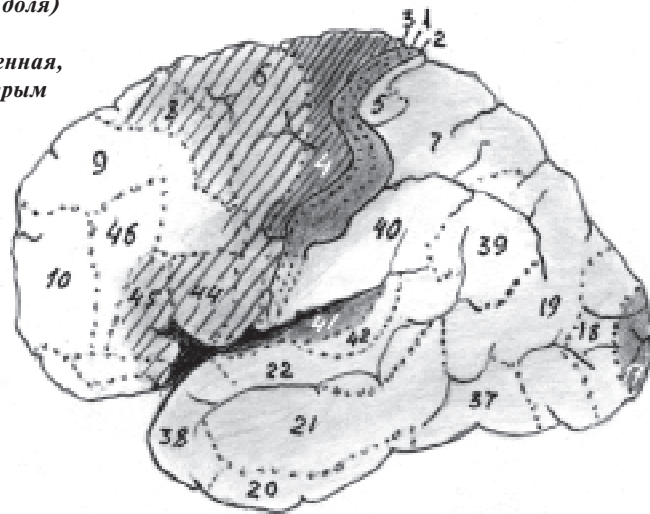
невропатолог, Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им.И.П.Павлова

1

*Наружная кора левого полушария головного мозга: поля Бродмана. Специально выделены первичные сенсорные области: зрительная — 17, слуховая — 41 и соматосенсорная — 1, 2, 3*

*(в совокупности их принято называть сенсорной корой), моторная (4) и премоторная (6) кора.*

*Передний мозг (лобная доля) выделен штриховкой, задний (височная, теменная, затылочная доли) — серым*



# Пластичность мозга

## Уровни пластичности

В начале нынешнего столетия исследователи мозга отказались от традиционных представлений о структурной стабильности мозга взрослого человека и невозможности образования в нем новых нейронов. Стало ясно, что пластичность взрослого мозга в ограниченной степени использует и процессы нейрогенеза.

Говоря о пластичности мозга, чаще всего подразумевают его способность изменяться под влиянием обучения или повреждения. Механизмы, ответственные за пластичность, различны, и наиболее совершенное ее проявление при повреждении мозга — регенерация. Мозг представляет собой чрезвычайно сложную сеть нейронов, которые контактируют друг с другом посредством специальных образований — синапсов. Поэтому мы можем выделить два уровня пластичности: макро- и микроуровень. Макроуровень связан с изменением сетевой структуры мозга, обеспечивающей сообщение между полушариями и между различными областями в пределах каждого полушария. На микроуровне происходят молекулярные изменения в самих нейронах и в синапсах. На том и другом уровне пластичность мозга может проявляться как быстро, так и медленно. В данной статье речь пойдет в основном о пластичности на макроуровне и о перспективах исследований регенерации мозга.

Существуют три простых сценария пластичности мозга. При первом происходит повреждение самого мозга: например, инсульт моторной коры, в результате которого мышцы туловища и конечностей лишаются контроля со стороны коры и оказываются парализованными. Второй сценарий противоположен первому: мозг цел, но поврежден орган или отдел нервной системы на периферии: сенсорный орган — ухо или глаз, спинной мозг, ампутирована конечность. А поскольку при этом в соответствующие отделы мозга перестает поступать информация, эти отделы становятся «безработными», они функционально не задействованы. В том и другом сценарии мозг реорганизуется, пытаясь восполнить функцию поврежденных областей с помощью неповрежденных либо вовлечь «безработные» области в обслуживание других функций. Что касается третьего сценария, то он отличен от первых двух и связан с психическими расстройствами, вызванными различными факторами.

## Немного анатомии

На рис. 1 представлена упрощенная схема расположения на наружной коре левого полушария полей, описанных и пронумерованных в порядке их изучения немецким анатомом Корбиньяном Бродманом. Каждое поле Бродмана характеризуется особым составом нейронов, их располо-

жением (нейроны коры образуют слои) и связями между ними. К примеру, поля сенсорной коры, в которых происходит первичная переработка информации от сенсорных органов, резко отличаются по своей архитектуре от первичной моторной коры, ответственной за формирование команд для произвольных движений мышц. В первичной моторной коре преобладают нейроны, по форме напоминающие пирамиды, а сенсорная кора представлена преимущественно нейронами, форма тел которых напоминает зерна, или гранулы, почему их и называют гранулярными.

Обычно мозг подразделяют на передний и задний (рис. 1). Области коры, прилегающие в заднем мозге к первичным сенсорным полям, называют ассоциативными зонами. Они перерабатывают информацию, поступающую от первичных сенсорных полей. Чем сильнее удалена от них ассоциативная зона, тем больше она способна интегрировать информацию от разных областей мозга. Наивысшая интегративная способность в заднем мозге свойственна ассоциативной зоне в теменной доле (на рис. 1 не окрашена).

В переднем мозге к моторной коре прилегает премоторная, где находятся дополнительные центры регуляции движения. На лобном полюсе расположена другая обширная ассоциативная зона — префронтальная кора. У приматов это наиболее развитая часть мозга, ответственная за самые слож-



ные психические процессы. Именно в ассоциативных зонах лобной, теменной и височной долей у взрослых обезьян выявлено включение новых гранулярных нейронов с непродолжительным временем жизни — до двух недель. Данное явление объясняют участием этих зон в процессах обучения и памяти.

В пределах каждого полушария близлежащие и отдаленные области взаимодействуют между собой, но сенсорные области в пределах полушария не сообщаются друг с другом напрямую. Между собой связаны гомотопические, то есть симметричные, области разных полушарий. Полушария связаны также с нижележащими, эволюционно более древними подкорковыми областями мозга.

## Резервы мозга

Впечатляющие свидетельства пластичности мозга нам доставляет неврология, особенно в последние годы, с появлением визуальных методов исследования мозга: компьютерной, магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии, магнитоэнцефалографии. Полученные с их помощью изображения мозга позволили убедиться, что в некоторых случаях человек способен работать и учиться, быть социально и биологически полноценным, даже утратив весьма значительную часть мозга.

Пожалуй, наиболее парадоксальный пример пластичности мозга — случай гидроцефалии у математика, приведшей к утрате почти 95% коры и не повлиявшей на его высокие интеллектуальные способности. Журнал «Science» опубликовал по этому поводу статью с ироничным названием «Действительно ли нам нужен мозг?».

Однако чаще значительное повреждение мозга ведет к глубокой пожизненной инвалидности — его способность восстанавливать утраченные функции не беспредельна. Распространенные причины поражения мозга у взрослых — нарушения мозгового кровообращения (в наиболее тяжелом

проявлении — инсульт), реже — травмы и опухоли мозга, инфекции и интоксикации. У детей нередки случаи нарушения развития мозга, связанные как с генетическими факторами, так и с патологией внутриутробного развития.

Среди факторов, определяющих восстановительные способности мозга, прежде всего следует выделить возраст пациента. В отличие от взрослых, у детей после удалений одного из полушарий другое полушарие компенсирует функции удаленного, в том числе и языковые. (Хорошо известно, что у взрослых людей утрата функций одного из полушарий сопровождается нарушениями речи.) Не у всех детей компенсация происходит одинаково быстро и полно, однако треть детей в возрасте 1 года с парезом рук и ног к 7 годам избавляются от нарушений двигательной активности. До 90% детей с неврологическими нарушениями в neonatalном периоде впоследствии развиваются нормально. Следовательно, незрелый мозг лучше справляется с повреждениями.

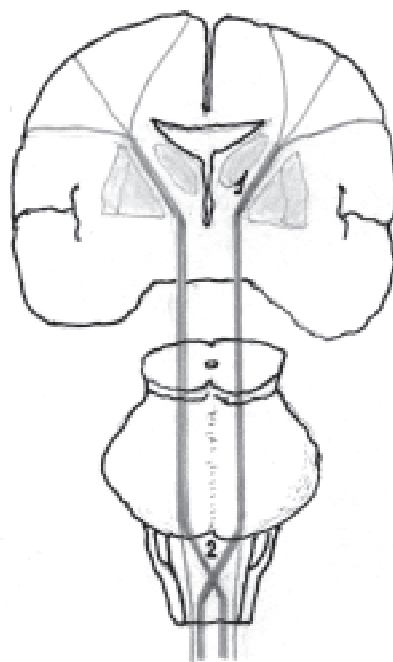
Второй фактор — длительность воздействия повреждающего агента. Медленно растущая опухоль деформирует

ближайшие к ней отделы мозга, но может достигать внушительных размеров, не нарушая функций мозга: в нем успевают включиться компенсаторные механизмы. Однако острое нарушение такого же масштаба чаще всего бывает несовместимо с жизнью.

Третий фактор — локализация повреждения мозга. Небольшое по размеру повреждение может затронуть область плотного скопления нервных волокон, идущих к различным отделам организма, и стать причиной тяжелого недуга. К примеру, через небольшие участки мозга, именуемые внутренними капсулами (их две, по одной в каждом полушарии), от моторных нейронов коры мозга проходят волокна так называемого пирамидного тракта (рис. 2), идущего в спинной мозг и передающего команды для всех мышц туловища и конечностей. Так вот, кровоизлияние в области внутренней капсулы может привести к параличу мышц всей половины тела.

Четвертый фактор — обширность поражения. В целом чем больше очаг поражения, тем больше выпадений функций мозга. А поскольку основу структурной организации мозга составляет сеть из нейронов, выпадение одного участка сети может затронуть работу других, удаленных участков. Вот почему нарушения речи нередко отмечаются при поражении областей мозга, расположенных далеко от специализированных областей речи, например центра Брока (поля 44–45 на рис. 1).

Наконец, помимо этих четырех факторов, важны индивидуальные вариации в анатомических и функциональных связях мозга.



2  
*Ход двигательного (пирамидного) тракта от коры полушарий через ствол мозга и перекрест его путей в продолговатом мозге:  
1 — область внутренней капсулы,  
2 — перекрест толстых пучков пирамидных трактов*



## Как реорганизуется кора

Мы уже говорили о том, что функциональная специализация разных областей коры мозга определяется их архитектурой. Эта сложившаяся в эволюции специализация служит одним из барьеров для проявления пластичности мозга. Например, при повреждении первичной моторной коры у взрослого человека ее функции не могут взять на себя сенсорные области, расположенные с ней по соседству, но прилежащая к ней премоторная зона того же полушария — может.

У правшей при нарушении в левом полушарии центра Брока, связанного с речью, активируются не только прилежащие к нему области, но и гомотопическая центру Брока область в правом полушарии. Однако такой сдвиг функций из одного полушария в другое не проходит бесследно: переругая участка коры, помогающего поврежденному участку, приводит к ухудшению выполнения его собственных задач. В описанном случае передача речевых функций правому полушарию сопровождается ослаблением у пациента пространственно-зрительного внимания — например, такой человек может частично игнорировать (не воспринимать) левую часть пространства.

Примечательно, что межполушарная передача функций в одних случаях возможна, а в других — нет. По-видимому, это означает, что гомотопические зоны в обоих полушариях загружены неодинаково. Возможно, поэтому при лечении инсульта методом транскраниальной микроэлектростимуляции (подробнее о ней мы расскажем далее) чаще наблюдается и успешнее протекает улучшение речи, чем восстановление двигательной активности руки.

Компенсаторное восстановление функции, как правило, происходит не за счет какого-либо одного механизма. Практически каждая функция мозга реализуется с участием различных его областей, как корковых, так и подкорковых. Например, в регуляции двигательной активности помимо первичной моторной коры принимают участие еще несколько дополнительных моторных корковых центров, которые имеют собственные связи с ближними и отдаленными областями мозга и собственные пути, идущие через ствол головного мозга в спинной мозг. При повреждении первичной моторной коры активация этих центров улучшает двигательные функции.

Кроме того, организация самого пирамидного тракта — наиболее длинного проводящего пути, который состоит из многих миллионов аксонов («отходящих» отростков) мотонейронов коры и следует к нейронам передних рогов спинного мозга (рис. 2), — предоставляет и другую возможность. В продолговатом мозге пирамидный тракт расщепляется на два пучка: толстый и тонкий. Толстые пучки перекрещиваются друг с другом, и в результате толстый пучок правого полушария в спинном мозге следует слева, а толстый пучок левого полушария — соответственно справа. Мотонейроны коры левого полушария иннервируют мышцы правой половины тела, и наоборот. Тонкие же пучки не перекрещиваются, ведут от правого полушария к правой стороне, от левого — к левой.

У взрослого человека активность мотонейронов коры, аксоны которых проходят по тонким пучкам, практически не выявляется. Однако при поражении, например, правого полушария, когда нарушается двигательная активность мышц шеи и туловища левой стороны, в левом полушарии активируются именно эти мотонейроны, с аксонами в тонком пучке. В результате активность мышц частично восстанавливается. Можно предположить, что этот механизм также задействован при лечении инсультов в острой стадии транскраниальной микроэлектростимуляцией.

Замечательное проявление пластичности мозга — реорганизация поврежденной коры даже по прошествии многих лет с момента возникновения повреждения. Американский исследователь Эдвард Тауб (ныне работающий в университете Алабамы) и его коллеги из Германии Вольфганг Митнер и Томас Элберт предложили простую схему реабилитации двигательной активности у пациентов, перенесших инсульт. Давность перенесенного поражения мозга среди их пациентов варьировала от полугода до 17 лет. Суть двухнедельной терапии заключалась в разработке движений парализованной руки с помощью различных упражнений, причем здоровая рука была неподвижной (фиксировалась). Особенность этой терапии — интенсивность нагрузки: пациенты упражнялись по шесть часов ежедневно! Когда же мозг пациентов, у которых восстановилась двигательная активность руки, обследовали с помощью функциональной магнитно-резонансной томографии, то оказалось, что в выполнение движений этой рукой вовлекаются множество областей

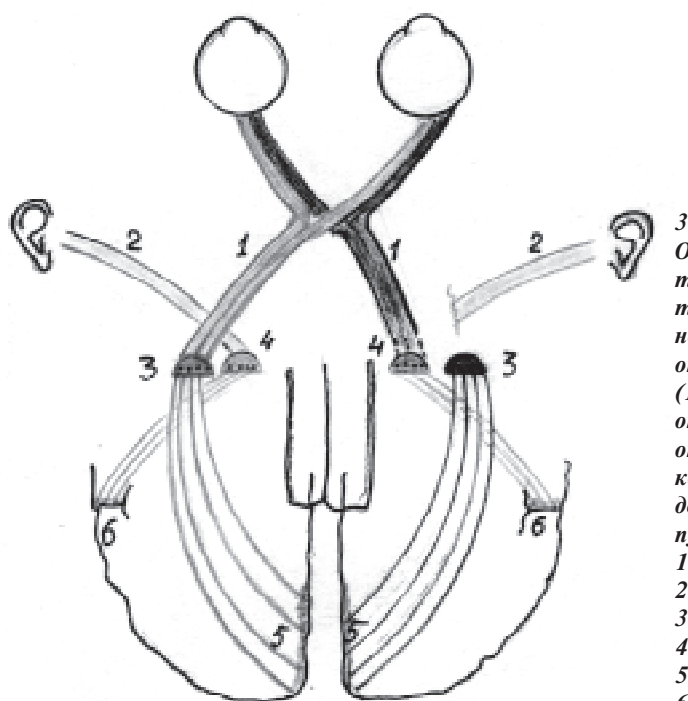
обоих полушарий. (В норме — при непораженном мозге, — если человек двигает правой рукой, у него активируется преимущественно левое полушарие, а правое полушарие ответственно за движение левой руки.)

Восстановление активности парализованной руки через 17 лет после инсульта — бесспорно, волнующее достижение и яркий пример реорганизации коры. Однако реализовано это достижение высокой ценой — соучастием большого числа областей коры и притом обоих полушарий.

Принцип работы мозга таков, что в каждый момент та или иная область коры может участвовать только в одной функции. Вовлечение сразу многих областей коры в управление движениями руки ограничивает возможность параллельного (одновременного) выполнения мозгом разных задач. Представим себе ребенка на двухколесном велосипеде: он восседает на седле, крутит ногами педали, проследивает свой маршрут, правой рукой фиксирует руль и ее указательным пальцем нажимает на звонок, а левой рукой держит печеньку, откусывая ее. Выполнение такой простой программы быстрого переключения с одного действия на другое непосильно не только для пораженного, но и для реорганизованного мозга. Не умаляя важности предложенного метода реабилитации инсультных больных, хотелось бы заметить, что она не может быть совершенной. Идеальным вариантом представляется восстановление функции не за счет реорганизации пораженного мозга, а за счет его регенерации.

## Отступление от правил

Обратимся теперь ко второму сценарию: мозг цел, но повреждены периферические органы, а конкретнее — слух или зрение. Именно в такой ситуации оказываются люди, рожденные слепыми или глухими. Давно замечено, что слепые быстрее дискриминируют слуховую информацию и воспринимают речь, чем зрячие. Когда слепых от рождения (и утративших зрение в раннем детстве) исследовали методом позитронно-эмиссионной томографии мозга в то время, как они читали тексты, набранные брайлевским шрифтом, оказалось, что при чтении пальцами у них активируется не только соматосенсорная кора, ответственная за тактильную чувствительность, но и зрительная кора. Почему это происходит? Ведь в зрительную кору у слепых не поступает информация от зрительных рецепторов!



3  
*Операция подсадки зрительного тракта к медиальному коленчатому телу таламуса. Слева показан нормальный ход нервных путей*

*от глаз и ушей, справа — их расположение после операции. (Нервные пути, несущие слуховую информацию, отсекали от медиальных коленчатых тел и на их места подсаживали окончания зрительных нервов, отделенные от латеральных коленчатых тел таламуса. Было уничтожено также нижнее двуххолмие в среднем мозге, где переключается часть нервных путей от уха в слуховую кору (не показано на схеме):*

- 1 — зрительный тракт,
- 2 — слуховой тракт,
- 3 — латеральные коленчатые тела таламуса,
- 4 — медиальные коленчатые тела таламуса,
- 5 — таламокортикальные пути к зрительной коре,
- 6 — таламокортикальные пути к слуховой коре

Аналогичные результаты были получены при изучении мозга глухих: они воспринимали используемый ими для общения знаковый язык (жестикуляцию) в том числе и слуховой корой.

Как уже отмечалось, сенсорные зоны не связаны в коре напрямую друг с другом, а взаимодействуют лишь с ассоциативными областями. Можно предположить, что переадресация соматосенсорной информации у слепых в зрительную кору и зрительной информации у глухих — в слуховую происходит с участием подкорковых структур. Такая переадресация представляется экономичной. При передаче информации от сенсорного органа в сенсорную область коры сигнал несколько раз переключается с одного нейрона на другой в подкорковых образованиях мозга. Одно из таких переключений происходит в таламусе (зрительном бугре) промежуточного мозга. Пункты же переключения нервных путей от разных сенсорных органов близко соседствуют (рис. 3, слева).

При повреждении какого-либо сенсорного органа (или идущего от него нервного пути) его пункт переключения оккупируют нервные пути другого сенсорного органа. Поэтому сенсорные области коры, оказавшиеся отрезанными от обычных источников информации, вовлекаются в работу за счет переадресации им иной информации. Но что происходит тогда с самими нейронами сенсорной коры, обрабатывающими чужую для них информацию?

Исследователи из Массачусетского технологического института в США Джитендра Шарма, Алессандра Анге-

лучи и Мриганка Сур брали хорьков в возрасте одного дня и делали зверькам хирургическую операцию: подсаживали оба зрительных нерва к таламокортикальным путям, ведущим в слуховую сенсорную кору (рис. 3). Целью эксперимента было выяснить, преобразуется ли слуховая кора структурно и функционально при передаче ей зрительной информации. (Напомним еще раз, что для каждого типа коры характерна особая архитектура нейронов.) И в самом деле, это произошло: слуховая кора морфологически и функционально стала похожа на зрительную!

Иначе поступили исследователи Дайана Канн и Ли Крубитцер из Калифорнийского университета. Операциям на четвертый день после рождения удалили оба глаза и через 8–12 месяцев у повзрослевших животных изучали первичные сенсорные области коры и прилегающую к ним ассоциативную зону. Как и ожидалось, у всех ослепленных животных реорганизовалась зрительная кора: она сильно уменьшилась в размере. Зато, к удивлению исследователей, непосредственно к зрительной коре прилежала структурно новая область X. Как зрительная кора, так и область X содержали нейроны, воспринимавшие слуховую, соматосенсорную или и ту и другую информацию. В зрительной коре оставалось ничтожное число участков, не воспринимавших ни ту, ни другую сенсорную модальность — то есть сохранивших, вероятно, свое первоначальное назначение: восприятие зрительной информации.

Неожиданным оказалось то, что реорганизация коры затронула не только зрительную кору, но и соматосенсорную, и слуховую. У одного из животных соматосенсорная кора содержала нейроны, реагировавшие или на слуховую, или на соматосенсорную, или на обе модальности, а нейроны слуховой коры реагировали либо на слуховые сигналы, либо на слуховые и соматосенсорные. При нормальном развитии мозга такое смешение сенсорных модальностей отмечается только в ассоциативных областях более высокого порядка, но не в первичных сенсорных областях.

Развитие мозга определяется двумя факторами: внутренним — генетической программой и внешним — информацией, поступающей извне. Вплоть до последнего времени оценка влияния внешнего фактора была трудноразрешимой экспериментальной задачей. Исследования, о которых мы только что рассказали, позволили установить, насколько важен характер поступающей в мозг информации для структурно-функционального становления коры. Они углубили наши представления о пластичности мозга.

## Почему мозг регенерирует плохо

Цель регенерационной биологии и медицины — при повреждении органа блокировать заживление рубцеванием и выявить возможности перепрограммирования поврежденного органа на восстановление структуры и функции. Эта задача предполагает восстановление в поврежденном органе состо-



## Терапевтические эффекты МЭС

Болезнь	Терапевтический эффект
Инсульт	Релаксация, снотворный эффект, уменьшение нейродефицита — восстановление чувствительности, моторной и речевой активности
Детский церебральный паралич	Снятие спастичности, ускорение психомоторного развития, улучшение речи, интеллекта и др.
Невралгия тройничного нерва	Стойкое устранение пароксизмов боли
Опийный абстинентный синдром	Анксиолитический, антидепрессивный, снотворный и седативный эффекты, подавление влечения к наркотику в различной степени

яния, характерного для эмбриогенеза, и присутствие в нем так называемых стволовых клеток, способных размножаться и дифференцироваться в различные типы клеток.

В тканях взрослого организма клетки часто обладают весьма ограниченной способностью к делению и жестко придерживаются «специализации»: клетки эпителия не могут превращаться в клетки мышечного волокна и наоборот. Однако накопившиеся к настоящему времени данные позволяют с уверенностью утверждать, что практически во всех органах млекопитающих клетки обновляются. Но скорость обновления различна. Регенерация клеток крови и эпителия кишечника, рост волос и ногтей идут в постоянном темпе на протяжении всей жизни человека. Замечательной регенерационной способностью обладают печень, кожа или кости, причем регенерация требует участия большого числа регуляторных молекул различного происхождения. Иначе говоря, гомеостаз (равновесие) этих органов находится под системным надзором, так что их способность к регенерации пробуждается каждый раз, когда какое-либо повреждение нарушает равновесие.

Обновляются, хоть и медленно, мышечные клетки сердца: нетрудно подсчитать, что за время человеческой жизни клеточный состав сердца хотя бы раз обновляется полностью. Более того, обнаружена линия мышей, у которых практически полностью регенерирует сердце, пораженное инфарктом. Каковы же перспективы регенерационной терапии мозга?

Нейроны обновляются и в мозгу взрослого человека. В обонятельных луковицах мозга и зубчатой извилине гиппокампа, расположенного на внутренней поверхности височной доли мозга, идет непрерывное обновление нейронов. Из мозга взрослого человека выделены стволовые клетки, и в лабораторных условиях показано, что они могут дифференцироваться в клетки других органов. Как уже упоминалось, в ассоциативных областях лобной, височной и темен-

ной долей у взрослых обезьян образуются новые гранулярные нейроны с небольшим (около двух недель) временем жизни. У приматов также выявлен нейрогенез в обширной области, охватывающей внутреннюю и нижнюю поверхности височной доли мозга. Но эти процессы имеют ограниченный характер — иначе они вошли бы в противоречие с эволюционно сформировавшимися механизмами мозга.

Трудно представить, как человек и его младшие братья существовали бы в природе при быстром клеточном обновлении мозга. Невозможно было бы сохранять в памяти накопленный опыт, информацию об окружающем мире, необходимые навыки. Более того, оказались бы невозможными механизмы, отвечающие за комбинаторное манипулирование мысленными представлениями об объектах и процессах прошлого, настоящего или будущего — все то, что лежит в основе сознания, мышления, памяти, языка и др.

Исследователи сходятся в том, что ограниченность регенерации взрослого мозга нельзя объяснить каким-либо одним фактором и потому нельзя снять каким-то единичным воздействием. Сегодня известно несколько десятков разных молекул, блокирующих (или индуцирующих) регенерацию длинных отростков нейронов — аксонов. Хотя уже достигнуты некоторые успехи в стимуляции роста поврежденных аксонов, до решения проблемы регенерации самих нейронов еще далеко. Однако в наши дни, когда сложность мозга перестала отпугивать исследователей, эта проблема все больше привлекает внимание. Но мы не должны забывать про то, о чем говорилось в предыдущем абзаце. Восстановление поврежденного мозга не будет означать полного восстановления прежней личности: гибель нейронов — это невосполнимая утрата прошлого опыта и памяти.

## Что такое МЭС

Сложность механизмов регенерации мозга дала толчок поискам таких системных воздействий, которые вызвали бы движение молекул в самих нейронах и в их окружении, переводя мозг в новое состояние. Синергетика — наука о коллективных взаимодействиях — утверждает, что новое состояние в системе можно создать перемешиванием ее элементов. Поскольку большинство молекул в живых организмах несет заряд, подобное возмущение в мозгу можно было бы вызвать с помощью внешних слабых импульсных токов, приближающихся по своим характеристикам к биоэлектрикам самого мозга. Эту идею мы и попытались осуществить на практике.

Решающим фактором для нас стала медленноволновая (0,5–6 герц) биоактивность мозга маленьких детей. Поскольку на каждой стадии развития характеристики мозга самосогласованны, мы выдвинули допущение, что именно эта активность поддерживает способность детского мозга к восстановлению функций. Не сможет ли медленноволновая микроэлектростимуляция слабыми токами (МЭС) индуцировать подобные механизмы у взрослого человека?

Разница в электрическом сопротивлении клеточных элементов и межклеточной жидкости нервной ткани громадна — у клеток оно в  $10^3$ – $10^4$  раз выше. Поэтому при МЭС молекулярные сдвиги скорее произойдут в межклеточной жидкости и на поверхности клеток. Сценарий изменений может быть следующим: наиболее сильно начнут колебаться малые молекулы в межклеточной жидкости, низкомолекулярные регуляторные факторы, слабо связанные с клеточными рецепторами, оторвутся от них, изменятся потоки ионов из клеток и в клетку и т. д. Следовательно, МЭС может вызвать немедленную пертурбацию меж-



клеточной среды в очаге поражения, изменить патологический гомеостаз и индуцировать переход к новым функциональным отношениям в ткани мозга. В результате клиническая картина заболевания быстро улучшится, уменьшится нейродефицит. Заметим, что процедура МЭС безвредна, безболезненна и непродолжительна: пациенту просто накладывают на определенные области головы пару электродов, подсоединенных к источнику тока.

Чтобы проверить, насколько справедливы наши предположения, мы в сотрудничестве со специалистами из нескольких клиник и больниц Санкт-Петербурга отобрали пациентов со следующими поражениями центральной нервной системы: острая стадия инсульта, невралгия тройничного нерва, опиный абстинентный синдром и детский церебральный паралич. Эти заболевания различаются по своему происхождению и механизмам развития, однако в каждом случае МЭС вызвала быстрые либо немедленные терапевтические эффекты (быстрый и немедленный — не одно и то же: немедленный эффект наступает сразу после воздействия или же в очень скором времени). Наиболее важные из них приведены в таблице.

Столь впечатляющие результаты дают основание полагать, что МЭС изменяет функционирование сетевой структуры мозга за счет разных механизмов. Что касается быстрых и нарастающих от процедуры эффектов МЭС у пациентов в острой стадии инсульта, то они, помимо механизмов, рассмотренных выше, могут быть связаны с восстановлением нейронов, подавлением интоксикацией, с предотвращением апоптоза — запрограммированной гибели нейронов в зоне поражения, а также с активированием регенерации. Последнее предположение подкрепляется тем, что МЭС ускоряет восстановление функции руки после того, как в ней хирургическим путем воссоединяют концы поврежденных периферических нервов, а также тем,

что у пациентов в нашем исследовании наблюдались и отсроченные терапевтические эффекты.

При опином абстинентном синдроме реализуется третий из рассматриваемых нами сценариев пластичности мозга. Это психическое расстройство, связанное с многократным приемом наркотика. На начальных этапах нарушения еще не сопряжены с заметными структурными изменениями мозга, как при детском церебральном параличе, но в значительной степени обусловлены процессами, происходящими на микроуровне. Быстрота и множественность эффектов МЭС при этом синдроме и при других психических расстройствах подтверждает наше предположение о том, что МЭС воздействует сразу на множество разных молекул.

Лечение с помощью МЭС получали в общей сложности более 300 пациентов, причем главным критерием для оценки действия МЭС служили терапевтические эффекты. В будущем нам представляется необходимым не столько выяснение механизма действия МЭС, сколько достижение максимальной пластичности мозга при каждом заболевании. Так или иначе, свести объяснение действия МЭС к каким-то отдельным молекулам либо клеточным сигнальным системам было бы, по-видимому, некорректно.

Важное достоинство микроэлектростимуляции слабыми токами — в том, что она, в отличие от популярных ныне методов заместительной клеточной и генной терапии, запускает эндогенные, собственные механизмы пластичности мозга. Главная проблема заместительной терапии даже не в том, чтобы накопить необходимую массу клеток для трансплантации и ввести их в пораженный орган, а в том, чтобы орган принял эти клетки, чтобы они смогли в нем жить и работать. До 97% клеток, трансплантированных в мозг, погибает! Поэтому дальнейшее изучение МЭС в индуцировании процессов регенерации мозга представляется перспективным.

## Заключение

Мы рассмотрели лишь некоторые примеры пластичности мозга, связанные с восстановлением повреждений. Другие ее проявления имеют отношение к развитию мозга, точнее, к механизмам, ответственным за память, обучение и другие процессы. Возможно, здесь нас ждут новые захватывающие открытия. (Вероятный предвестник их — неонейрогенез в ассоциативных зонах лобной, теменной и височной долей взрослых обезьян.)

Однако у пластичности мозга есть и отрицательные проявления. Ее минус-эффекты определяют многие болезни мозга (например, болезни роста и старения, психические расстройства). Обзоры многочисленных данных по визуальным исследованиям мозга сходятся в том, что при шизофрении часто уменьшается кора фронтальной области. Но нередко также изменения коры и в других областях мозга. Следовательно, уменьшается число нейронов и контактов между нейронами пораженной области, а также число ее связей с другими отделами мозга. Изменяется ли при этом характер переработки поступающей в них информации и содержание информации «на выходе»? Нарушения восприятия, мышления, поведения и языка у больных шизофренией позволяют утвердительно ответить на этот вопрос.

Мы видим, что механизмы, отвечающие за пластичность мозга, играют важнейшую роль в его функционировании: в компенсации повреждений и в развитии болезней, в процессах обучения и формирования памяти и др. Не будет большим преувеличением отнести пластичность к фундаментальным особенностям мозга.





# Разные разности

Выпуск подготовили

А.Ефремкин,  
М.Литвинов,  
Н.Маркина,  
Е.Сутоцкая

**Ч**еловечество давно использует ядовитых змей в медицинских целях. Их яд нужен не только для изготовления сывороток, которыми лечат укушенных. Из него еще выделяют фермент, способный расщеплять фибрин – вещество, образующее тромбы в сосудах.

Однако змеиный яд может пригодиться и при стирке одежды. Использовать его столь необычным образом предложил Д.Иимото, биохимик из Уитти-колледжа в Калифорнии. Он интересуется змеями, поскольку ищет новые лекарства от инфаркта и инсульта. Ученый извлекал из яда фермент, который совершенно нетоксичен, и проверял его в деле: испытывал на ткани, запачканной пятнами засохшей крови. Фермент удалял кровь с ткани почти полностью. Усилить его действие можно, смешав с другими ферментами, – тогда он удаляет пятна без остатка. Сейчас ученый добивается того, чтобы препарат из змеиного яда работал и в холодной, и в горячей воде.

Иимото пока не уверен, что его изобретение примут. «Неизвестно, понравится ли людям отстирывать одежду с помощью змеиного яда», – говорит он. Да и цена нового препарата вряд ли будет низкой. Коллеги-биохимики не отнеслись к этой идее серьезно, но Иимото уверен, что может получить хороший результат.

Синтетические моющие средства часто содержат ферменты, разлагающие пятна крови. Обычно их получают при помощи бактерий. Однако теоретически для этого можно использовать любых животных, которые сосут кровь, таких, как пиявки, комары и клещи («Nature News Service», 2004, 30 марта).



**М**ногие исследователи пытались выяснить, какие области головного мозга активируются запахом и вкусом пищи, но мало кто обращал внимание на другие параметры: вязкость, волокнистость, твердость. В эксперименте, который провели А. де Араухо и Э.Роллс из Оксфорда (Англия), участвовали 12 голодных добровольцев. Через трубки они втягивали смесь безвкусной клетчатки с водой, мягким растительным маслом или текучим сиропом. Активность их мозга при этом регистрировали с помощью магнито-резонансной техники.

Оказалось, что область мозга, которую включают густые растворы, частично перекрывается с другой, отвечающей за вкус. Мозг создает картину того, что у нас во рту, базируясь и на вкусе, и на консистенции пищи. Жирные смеси активировали область мозга, связанную с удовольствием, – она же активируется при выигрыше денег или приятном запахе. Вот почему так украшает обед изрядная порция масла или взбитых сливок. Пока непонятно лишь, как рот распознает эти различия.

Результаты работы не могут не заинтересовать пищевые компании. Теперь при создании новых продуктов они будут больше обращать внимание на структуру и консистенцию.

По мнению Роллса, человек научился распознавать такие энергетически ценные продукты, как жиры, чтобы выжить в голодные времена. Однако пристрастия у людей различны. Одни предпочитают жирную пищу, а другие к ней равнодушны («Nature News Service», 2004, 5 апреля).



**И**сследователи из Корнельского университета под руководством Х.Крейгхеда недавно взвесили единичные клетки бактерий, а теперь они примериваются к вирусам. Масса этих крупиц жизни выражается уже в аттограммах ( $10^{-18}$  г), а не в нано- ( $10^{-9}$ ), пико- ( $10^{-12}$ ) или фемто- ( $10^{-15}$ ) граммах.

Весы для вирусов и бактерий – это крохотная упругая металлическая пластинка, у которой один конец закреплен. Такое устройство называется консольным осциллятором. С помощью электрического поля или лазера его заставляют колебаться. Частоту колебаний измеряют, направив на пластинку луч лазера и следя за отражением. Если к свободному концу осциллятора прикрепить грузик, частота колебаний изменится. Измерив разницу частот, можно вычислить добавленную массу. Для взвешивания бактерий пластинку покрыли подходящими антителами, а затем опустили в пробирку с микробами. Однажды попалась единственная клетка, и ее масса составила 665 фемтограмм.

С помощью антител можно ловить также вирусы или молекулы белков, но взвешивать их намного сложнее. Для этого корнельские умельцы сделали пластинку из кремния и нитрида кремния еще меньше (4 мкм длиной и 500 нм шириной) и поместили ее в вакуум. Чтобы испытать прибор, к концу пластинки прикрепили золотую нашенку диаметром 50 нм и покрыли ее веществом, содержащим серу. Оно образовало слой толщиной в молекулу и массой 6,3 аттограмма. А минимальная масса, измеримая на таких весах, – 0,37 аттограмм. Это уже начало зептограммового диапазона ( $10^{-21}$  г), в котором лежат массы вирусов, крупных молекул белков и нуклеиновых кислот (пресс-релиз Корнельского университета, «Journal of Applied Physics», 2004, 1 апреля).



**З**аразиха — растение-паразит. Она прикрепляется к корням растений, высасывает из них воду с питательными веществами и уменьшает урожай. Листьев у нее нет — только цветочный побег. Египетская заразиха поражает помидоры, картофель, бобовые, подсолнечник и наносит большой ущерб сельскому хозяйству в странах Африки, Ближнего Востока и местами — в Европе. Марокканец Н.Хамамауч, сотрудник Технологического института Виргинии (США), решил бороться с ней с помощью генной инженерии. Его руководитель Д.Вествуд обратился к своему знакомому Р.Али из Сельскохозяйственного института Израиля, который работал с одним пептидом — противобактериальным токсином мясной мухи, и ученые решили проверить, нельзя ли приспособить этот яд для борьбы с заразихой.

Ген токсина ввели в клетки табака, так что он начал производить пептид при поражении растением-паразитом. Заразиха иногда погибала, а когда этого не происходило, все же явно была угнетена, в то время как табак чувствовал себя гораздо лучше. Токсин, вероятно, попадал в ткани паразита вместе с соками табака. Как он убивал заразиху, пока неясно.

Непонятно и другое: почему муха вырабатывает яд против растения, с которым ей совсем не нужно бороться. Впрочем, этим насекомым приходится тщательно соблюдать гигиену, чтобы не подхватить какую-нибудь заразу и не заболеть. Неудивительно, что у них есть антибактериальный токсин с широким спектром действия, который неспецифически действует и на клетки растений. Вероятно, яд убивает паразита и не трогает хозяина, поскольку в трансгенном табаке он вырабатывается только в месте контакта с заразихой. Однако из табака его вместе с водой всасывает ненасытный паразит — ему и достается («EurekAlert!», 2004, 29 марта).



**С**отрудники университета в Мельбурне (Австралия) и Института проблем поведения и социальных наук американских вооруженных сил заинтересовались математически одаренными подростками.

В опытах участвовали 60 праворуких мальчиков. Их разделили на три группы: 18 математически одаренных (средний возраст 14 лет), 18 со средними способностями (средний возраст 13 лет) и 24 студента (20 лет). Мальчиков выбрали потому, что математические способности у них проявляются в 6–13 раз чаще, чем у девочек.

На правой и левой сторонах экрана появлялись наборы букв, и требовалось определить, совпадают они или нет. Это простой способ выяснить, какое полушарие работает лучше: за обработку визуальной информации в правой половине поля зрения отвечает левое полушарие, и наоборот. Наборы букв появлялись только справа или слева либо с обеих сторон одновременно. В одной серии опытов это были буквы, состоявшие из нескольких таких же, но маленьких, а во второй — просто большие буквы.

У «нормальных» подростков с первой задачей лучше справлялось левое полушарие (оно отвечает за детали), а со второй — правое, которое следит за восприятием в целом. У математиков оба полушария работали одинаково хорошо. Обычные дети гораздо медленнее выполняли задания, требующие совместной работы полушарий, например при одновременном появлении букв на экране справа и слева.

Из этого следует, что у математически одаренных людей полушария взаимодействуют лучше. «Это не означает, что в мозгу есть «математический модуль». Скорее, организация мозга позволяет правому полушарию активнее участвовать в обработке изображений или пространственной ориентации, что важно при решении математических задач», — говорит М.О'Бойл, автор работы («EurekAlert!», 2004, 11 апреля).



**П**охоже, клопы еще портят людям жизнь. С 1995 года в Великобритании, США и других развитых странах неожиданно начало расти число людей, укушенных ими. По данным британского биолога К.Боуза из компании «Pest Management Consultancy», это число каждый год увеличивается вдвое. Впрочем, поголовью клопов пока далеко до 40-х годов прошлого века.

Постельные клопы невелики, около 5 мм в диаметре. Они предпочитают теплые места, находя себе приют в швах матрасов, каркасах кроватей, за плинтусами, внутри мебели, иногда в электроприборах. Даже в отсутствие основного источника пропитания отдельные особи способны выжить в течение года и дольше. Поэтому пустующие дома и неиспользуемая мебель остаются потенциально зараженными. Когда условия оптимальны и пищи много, численность клопов может резко возрасти.

Непонятно, почему клопы активизировались в последние годы. Некоторые эксперты считают, что дело в путешествиях, но Боуз утверждает, что паразиты, найденные в Лондоне, были местными, а не тропическими. Другой причиной может быть покупка бывшей в употреблении мебели, но это не объясняет случаев появления клопов в хороших гостиницах.

Возможно, новая волна нашествия клопов вызвана изменением состава инсектицидов. Ранее, независимо от назначения, они убивали паразитов разных видов. Современные средства действуют избирательно. Если прежде клопы умирали от аэрозолей против тараканов и муравьев, то на современную тараканью отраву они не реагируют.

Боуз считает, что клопы работали устойчиво к пестицидам. В Восточной Африке, где часто использовали ядовитые москитные сетки с пиретроидами, сопротивляемость к ним у постельных клопов выросла. Эти препараты применяли и в развитых странах («BBC News», 2004, 14 апреля).

**У** только появившихся на свет зверей есть система центрального отопления, которая спасает их от холода. Это коричневый жир, выделяющий тепло, когда животное замерзает. Грызуны сохраняют эту ткань всю жизнь, у человека и овец она есть только в младенчестве, а затем вытесняется белым жиром.

Исследователи из Лондонского королевского колледжа утверждают, что обнаружили у ягнят молекулярный переключатель, запускающий превращение коричневого жира в белый. Теперь они пытаются выяснить, можно ли заставить этот процесс идти в обратном направлении. Успех позволит создать новое средство борьбы с ожирением. (По данным статистики, в Великобритании около 20% населения имеет избыточный вес, а в США — 60%.) Другим практическим выходом этого открытия станет спасение ягнят от холода и сырости.

В большинстве клеток живого организма митохондрии служат источником энергии, а в клетках коричневого жира они производят тепло благодаря наличию белка UCP-1. Почему он есть у одних взрослых животных и отсутствует у других — неясно. Во время развития зародыша специальный генный механизм отслеживает превращение незрелых клеток в жировые. Для того чтобы они стали клетками именно коричневого жира, необходим UCP-1. Однако сразу после рождения его активность резко падает.

Чтобы понять, почему это происходит, авторы работы изучали уровень экспрессии генов, ответственных за образование жировых клеток в последние дни беременности и первые месяцы после рождения. Содержание UCP-1 зависело от экспрессии исследованных генов, значит, именно они и работают искомым переключателем. Осталось найти вещества, которые смогут направить развитие в обратную сторону («EurekAlert!», 2004, 14 апреля).





# Сказал ли кто-то «мяу»?

Л.Намер

*Шифр должен напоминать все что угодно, за исключением шифра.*

Ст.Лем. Рукопись, найденная в ванне

Редко удастся наблюдать такое единодушие — все популярные статьи на эту тему начинаются одинаково, с одного и того же примера. Ну как если бы любая статья по физике начиналась с первого закона Ньютона. Дело, видимо, в том, что стеганография — область науки и техники — очень молода. Впрочем, все еще хуже — пример, с которого начинаются все статьи, некорректен.

## Стандартное начало и немного истории

Все знают, что такое кодирование. Я хочу что-то сказать другому так, чтобы меня не поняли — даже если услышат. Стеганография служит почти той же цели, но она — метод, с помощью которого скрывается не содержание сообщения, а сам факт передачи чего-то секретного. Я хочу сказать что-то другому и понимаю, что услышат, но хочу, чтобы услышали поздравление с днем рождения, а не заказ на наплечные ракеты и сведения об охране аэропорта.

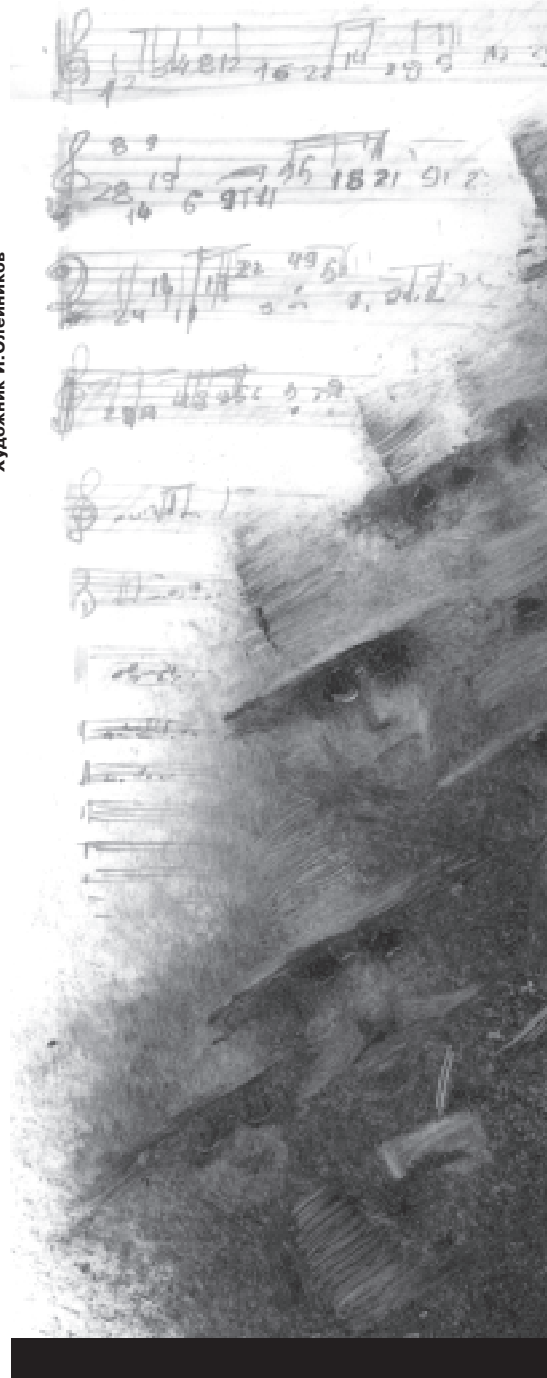
Знаменитый же исторический пример таков: берете раба и обриваете ему голову, пишете на бритом черепе сообщение, ждете, пока отрастут волосы, посылаете раба к получателю сообщения, получатель зовет имеющего допуск брадобрея. Можно, конечно, брадобрея и без допуска, но тогда потребуются еще один узкий специалист — с удавкой. Применяли древние и другие способы. Так, согласно легендам из ленинского цикла, В.И., сидя в тюрьме, писал статьи в «Искру» молоком, вместо того чтобы оценить заботу царского правительства о его здоровье и это молоко пить. В литературе можно найти еще много методов. Например, Геродот упоминает такой: воск соскабли-

вают с дощечки, письмо пишут прямо на дереве, затем дощечку покрывают воском заново и на нем изображают что-то вроде «тетя прибывает Пирей первого апреля, везет два ящика фиников, встречайте пятью носильщиками». В Китае письма писали на полосках шелка, полоски сворачивали в шарики, покрывали опять же воском и скармливали посылным. Видно, что большинство примеров — хоть они и приводятся в каждой статье — некорректны: скрывается сам факт сообщения, а не его «действительное» содержание.

Исторически стеганография сначала применялась вместо криптографии, чтобы получатель не занимался расшифровкой самого сообщения. Но она может применяться не вместо собственно шифрования, а вместе с ним. Впервые стали использовать шифрование и стеганографию вместе в XV веке. Сделал это немецкий богослов и историк, аббат Иоганн Гейденберг (1462–1516), принявший имя Тритемиус (от города Тритенгейма, где он родился). Этот человек вообще весьма серьезно занимался криптографией и стеганографией и описал много различных методов скрытой передачи сообщений в книге «Steganographia». Родись он на пять веков позже — был бы у нас не один Винер, а два.

Прошло двести лет, и дело криптографии взяло в свои крепкие руки государство: XVII–XVIII века известны как эра «черных кабинетов», специальных государственных органов по перехвату, перлюстрации и дешифрованию переписки. В штат черных кабинетов помимо криптографов входили и химики — большие специалисты по невидимым чернилам. В книжках и в интернете можно найти много рецептов симпатических чернил, но читателю «Химии и жизни» должен сам придумать новые.

Химия — химией, но в данном случае важна психология, а с ее точки зрения стеганография сильно отличается от криптографии. Представьте себе группу борцов за что-то, ко-



Художник И.Олейников

торые готовят теракт на сотню жертв. Что произойдет, если у властей возникнет подозрение? В демократической стране начнется длинная история с получением судебного предписания, прокурорского разрешения и чего-то там еще. А в стране попроще придут четверо, положат отправителя и получателя сообщений на пол, и... и, глядишь, не будет теракта и жертв. Поэтому во многих случаях важно зашифровать сообщение так, чтобы не был очевиден сам факт наличия шифра. Этим мрачным примером список ситуаций, когда нужна стеганография, к счастью, не исчерпывается.



## РАССЛЕДОВАНИЕ

### Для чего это нужно

Первая область применения — защита конфиденциальной информации от несанкционированного доступа. Заметьте: не от чтения, а от доступа. Ведь, заметив подозрительный обмен кодированной информацией, я могу ему помешать, даже если не могу ее расшифровать — например, изъяв или исказив сообщение. Более того, возможна ситуация, когда мой противник не хочет мешать, но хочет знать, что А и Б не просто сидят на трубе, а что-то замышляют. И это довольно распространенная ситуация. Страна X

знает, что дипломат страны Y — шпион. Но не «берет» его, потому что в ответ страна Y вышлет ее разведчика, а тот пока что передает более ценную информацию. Но ситуация может измениться — вот тут мы и созовем пресс-конференцию, и такое на стол положим, и сразу всех нонгратами объявим. Если же Y применил стеганографию, то X не увидит «кодированности» в его сообщениях.

Другая ситуация — защита авторского права: в ту или иную информацию встраивается сообщение: «Эта ложка украдена в отеле «Ритц». Подобная метка может стоять на музы-

ке, на картинках, на программном обеспечении. Причем уже созданы программы, которые путешествуют по интернету и разыскивают ваше несанкционированное размещенное — проще сказать, ворованное — творчество. Естественно, уже созданы и программы, стирающие «водяные знаки».

### Как это сделать, или Прячем лист в лесу

Для сокрытия информации надо использовать какую-то другую информацию, причем большого объема и с высокой избыточностью. Ведь нам





## РАССЛЕДОВАНИЕ

придется что-то в ней менять, когда мы будем прятать там свою. Кроме того, это должна быть информация, которая выглядит естественно при передаче по интернету. Эти два требования немедленно указывают на две с половиной возможности — музыку, картинки и, в меньшей степени, текстовые файлы.

Первый способ сокрытия называется «метод наименее значащего бита». Этот метод используется и для графической, и для звуковой стеганографии. Цифровые картинки состоят из отдельных точек, так называемых пикселей. Для описания цвета каждого пикселя отводится определенный объем. Причем, как правило, избыточный — кто же это различает миллионы цветов? Тренированный профессионал, полиграфист высокого класса или специалист по тканям — несколько сотен, а мы с вами и того меньше. Значит, можно чуть-чуть изменить цвет, «поправив» некоторые биты в описании, по сути дела — записав в них свою информацию. В разных графических форматах это делается по-разному, в зависимости от того, как именно кодируется цвет. Вот самый простой пример — если цвет кодируется просто последовательностью нулей и единиц, то программа-стеганограф тоже должна записать файл-сообщение нулями и единицами, и она размещает эти биты поверх тех битов описания, которые меньше всего влияют на цвет. Если ноль или единица файла-сообщения волею случая совпадают с нулем или единицей графического файла, то никаких изменений не происходит. Если же они не совпадают, программа-стеганограф спокойно записывает последний бит так, как ей нужно.

Конечно, после этого вся запись меняет свое значение, но поскольку изменяется только наименее значащий бит, то номер цвета изменяется лишь на единицу и оттенок пикселя изменяется незначительно, так что заметить его на глаз невозможно. Кроме того, если сообщение, которое прячет стеганограф, маленькое, то вовсе не обязательно изменять каж-

дый байт картинки — вполне достаточно может оказаться каждого десятого или даже каждого сотого байта. Такое изменение картинки не углядит и горный орел. Более умные программы могут прятать информацию не где попало, а на тех участках рисунка, где изменения менее заметны — не на сплошном черном и не на сплошном белом. И лучше вообще не на однотонном.

В звуковых файлах данные прячут точно так же, как и в графике. Опять используется метод наименее значащего бита, и возникающие при этом изменения звука на слух практически не различимы. В крайнем случае скорее встанет вопрос о качестве самой записи, а не о том, что эта запись была обработана стеганографом. Опять же, умная программа будет прятать сообщение не в скрипке пиано, а в хэви-метал. Причем в такое место записи, в котором от звукового давления, как говорила одна моя знакомая, «чувствуешь, как диафрагма ходит».

А как спрятать информацию в тексте? Прежде всего можно использовать особенности компьютерного формата — например, свободные места на диске (файл занимает целое число секторов, и обычно остается «кусочек»). Можно смещать определенным образом слова, предложения и абзацы. Можно части сообщения приписывать «белый» цвет — тот, кто об этом не знает, ничего не увидит. Это совсем детский способ, но вот серьезнее: сделать нечто подобное акростику, размещая на определенных местах в тексте буквы, составляющие сообщение. При наличии мощного словаря синонимов и при отсутствии требований к точности смысла метод вполне эффективен. Можно, впрочем, пойти по более скромному пути и выбирать слова определенной длины.

### Прием против лома

Какие же есть средства обнаружения стеганограмм? Изменения младших бит несложно обнаружить в очень темных и очень ярких областях картинок. Более тонкий способ — анализ спектра младших бит. Подобные программы сравнивают вычисленные показания с прогнозируемыми теорией вероятности для настоящих шумов квантования в целом и для данной картинки в частности. Есть свои особенности и у сканеров, и при вычислениях они тоже должны учитываться. На интуитивном уровне эта фраза вам еще понятна, но интуиция не заменяет знания, поэтому здесь — граница нашей статьи.

Методы взлома, а точнее, раскрытия данных, спрятанных стеганографией — так называемый стеганоанализ, — тема, естественно, еще более сложная. Но есть в ней понятный кусочек — как и в случае с шифровкой, может возникнуть задача испортить стеганографированное сообщение, не зная его содержания и даже не будучи уверенным в его наличии. Делается это предельно просто: в те самые младшие биты, которые использовались для стеганографии, записывается что угодно, случайные нули и единицы. Если картинка не содержала скрытого сообщения, то видимых искажений не появится, а если в картинке было скрыто сообщение, то оно будет испорчено. Разумеется, наши конспираторы А и Б, обнаружив этот факт, придумают, что им делать.

Вы ведь уже придумали, не так ли?

### Еще один аспект

«Человек отличается от известного животного тем, что иногда поднимает глаза к небу». Сделаем это и мы — и увидим неожиданный аспект в проблеме стеганографии. Вот что пишет Станислав Лем по поводу связи с иными цивилизациями: «Проблема радиоконтактов имеет и любопытный информационный аспект. Дело в том, что чем полнее используется при передаче пропускная способность информационного канала, то есть чем в большей степени устраняется избыточность сообщения, тем больше оно становится похожим на шум, и тот, кто принимает, не зная системы кодирования, оказывается перед огромными трудностями — трудностями, касающимися не только декодирования приходящей информации, но даже и опознавания ее как информации вообще в отличие от шума, создаваемого космическим «фоном». Поэтому не исключено, что уже сейчас наши радиотелескопы принимают в виде шумов фрагменты «межзвездных разговоров», которые ведут «сверхцивилизации».

### Литература

Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2002.



# Золото в бутылке

**В** 1583 году алхимик и врач французского короля Давид де Плани-Кампи опубликовал «Трактат об истинном, непревзойденном, великом и универсальном лекарстве древних, или же о питьевом золоте, несравненной сокровищнице неисчерпаемых богатств». В нем он, ссылаясь на своих предшественников, в основном на арабских алхимиков, описывает целебные свойства так называемого питьевого золота, приписывая ему самые чудодейственные свойства.

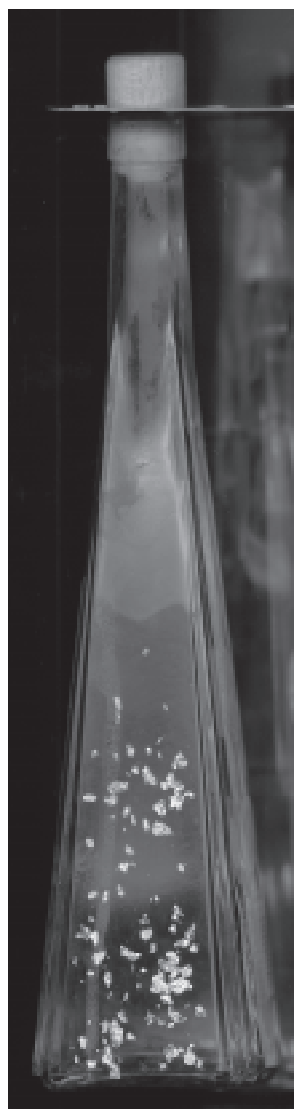
«Золото есть вся природа, — писал Кампи, — золото — семя всей земли». Уповал на *aurum potabile* (то есть на питьевое золото) и знаменитый врач-алхимик XVI века Филипп Ауреол Теофаст Бомбаст фон Гогенгейм, он же — Парацельс (это имя, которое он придумал себе сам, означает «за Цельсом», то есть следующий за знаменитым римским врачом II века). «Питьевое золото» действительно было золотом — коллоидным раствором золота красного цвета. Он образуется при добавлении к очень разбавленному раствору соединений золота различных восстановителей (ими может служить почти любое органическое вещество). А царскую водку, способную растворять золото, знал еще арабский алхимик Гебер, живший в IX–X вв. О питьевом золоте упоминают и китайские книги по медицине, датированные I веком до н.э. Китайские врачи полагали, что это и есть «эликсир жизни» — воображаемый напиток, дарующий молодость, здоровье и силу.

И вот израильская компания «Segal in Galilee» возродила древнюю традицию, но — в несколько ином виде, поскольку потребитель про коллоиды не знает и золото в его понимании не может иметь никакого цвета, кроме золотого. Выпущенный ею напиток с немецким названием «Golden schnapps» действительно содержит золотистые блестки. Надпись на бутылке (на этот раз на английском языке) Genuine 24 K Golden Flakes сообщает, что это золотые чешуйки 24-каратного (то есть чистого) золота. Так ли это на самом деле?

Проверить добросовестность компании было нетрудно. Под микроскопом высушенная и разглаженная чешуйка при хорошем освещении выглядит великолепно: сверкает, как чистое золото. Но, как известно, не всё то золото,

что блестит. Затем десяток чешуек поместили в пробирку и добавили около 0,5 мл концентрированной азотной кислоты. Особого действия не наблюдалось, что уже хорошо. А добавление небольшого количества концентрированной соляной кислоты привело к немедленному (по мере приливания) растворению чешуек. Современная царская водка, растворяющая золото, — смесь концентрированных азотной и соляной кислот в объемном отношении 3:1 (Гебер использовал раствор в азотной кислоте «аммонийной соли» — хлорида аммония). В результате реакции образуется комплексная золотохлороводородная кислота:  $Au + HNO_3 + 4HCl = H[AuCl_4] + NO + 2H_2O$ .

Осталось провести последнюю пробу. Раствор был разбавлен водой, нейтрализован питьевой содой, и к нему добавлена одна капля очень сильно разбавленного раствора танина, содержащего галловую кислоту — сильный восстановитель. Раствор быстро приобрел сиреневый оттенок, а через некоторое время из него выпал черный осадок. Последние сомнения исчезли: сиреневый раствор — это коллоидный раствор золота. В книге И.П.Алимариной, Ф.И.Фадеевой и Е.Н.Дороховой «Демонстрационный эксперимент по общему курсу аналитической химии» приведен «Опыт 85. Получение золь золота». В соответствии с методикой, при добавлении к 0,0075%-ному раствору  $H[AuCl_4]$  восстановителя (рекомендуется использовать 0,005%-ный раствор солянокислого гидразина) образуется прозрачный голубой золь золота. А если к 0,0025%-ному раствору  $H[AuCl_4]$  добавить 0,005%-ный раствор карбоната калия, а затем по каплям при нагревании добавить раствор танина, то образуется красный прозрачный золь. То есть в зависимости от степени дисперсности окраска золота меняется от голубой (грубодисперсный золь) до красной (тонкодисперсный золь). В кни-



РАДОСТИ ЖИЗНИ

ге приведены и спектры поглощения соответствующих растворов в видимой области, из которых следует, что при размере частиц золь 42 нм максимум поглощения приходится на 510–520 нм (раствор красный), а при увеличении размера частиц максимум сдвигается в красную область, до 620–630 нм при размере частиц золь 85 нм.

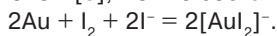
Поскольку при анализе «золота из бутылки» концентрация реагентов никак не контролировалась, могли образоваться частицы разных размеров. А что получится, если смешать голубой и красный цвета? В «Курсе неорганической химии» Г.Реми сказано, что при осаждении золота органическими восстановителями образуются интенсивно окрашенные гидрозоли, например пурпурно-красные, синие, фиолетовые, коричневые или черные. Если же в качестве восстановителя используется хлорид олова (II), получают интенсивно окрашенный особо устойчивый коллоидный раствор золота (так называемый кассиев золотой пурпур, который еще в средние века использовали для окраски стекла — см. статью о стекле в декабрьском номере за 2003 г.). Полагают, что образующийся при реакции гидратированный оксид олова (IV) действует в отношении частиц золота как защитный коллоид.

А когда потерявший устойчивость золотой золь коагулировал, образовался черный осадок, потому что именно такой цвет имеет порошок любого металла в тонкодисперсном состоянии. Итак, в бутылке — настоящее золото. Зачем же оно там? А для рекламы. Масса золота во всей пол-литровой бутылке измеряется миллиграммами, цена (без учета стоимости изготовления) — центами (вернее, агорами), зато эффект! Как сказала бы молодежь — пить золото — это прикольно.

И.Леенсон

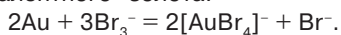
**Редакция получила письмо от читателя А.Ю.Абрамского. Вот что он пишет.**

Хочу продолжить тему, начатую в [1]. Однажды я оставил аптечную настойку иода в стаканчике с золотой каймой. Через несколько дней обнаружил, что ободок исчез. Этот реактив содержит иод и иодид калия в водно-спиртовом растворе, который способен взаимодействовать с металлическим золотом при комнатной температуре [2]. Предполагая образование иодидного комплекса с однозарядным катионом [3], можно составить уравнение реакции:



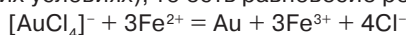
Вывод: не храните золотые изделия в аптечке.

Раствор иодида обратимо реагирует с элементарным иодом, увеличивая его растворимость, с образованием трииодида. Из других полигалогенидов на золото будет действовать трибромид в растворе, благодаря содержанию слабо и обратимо связанного брома. Однако в этом случае следует ожидать образования комплекса «трехвалентного» золота:



Золотые украшения могут быть подпорчены при попадании на них ртути, а также капле расплавленного оловянно-свинцового припоя, благодаря хорошей смачиваемости золота жидкими металлами.

А вот цитату в [1] из «Неорганической химии» Р. Рипана и И. Четьяну можно подвергнуть сомнению в части, касающейся плавиковой кислоты с окислителем, так как катионы, образуемые золотом, относятся к «мягким» и фторидные комплексы для них не характерны (так нас учили). Зато этот металл способен корродировать при нормальных условиях в крепком растворе хлорного железа [2] (используемом при травлении печатных плат в промышленности и в домашних условиях), то есть равновесие реакции



смещается влево при высокой концентрации хлорида. Это можно объяснить тем, что она входит в уравнение равновесия в четвертой степени. Принимая во внимание окислительно-восстановительные потенциалы [3], можно предположить, что с бромидом железа (III) золото будет реагировать легче, чем с хлоридом. Кроме того, в [2] отмечена коррозионная активность сульфида в присутствии кислорода.

В заметке [4] приводится состав для перевода в раствор позолоты с черепков посуды в домашних условиях. Это — водный раствор, содержащий квасцы, селитру и поваренную соль и работающий при повышенной температуре.

Я нашел опытным путем два водных раствора, способных растворять золото при комнатной температуре, правда, довольно медленно. Первый — слабощелочной и содержит (кроме буфера) бромид и гипобромит или персульфат. Второй — слабоокислый и содержит роданид и нитрит, но при его действии образуется не роданидный, а цианидный комплекс золота.

Анодное растворение золота в растворе цианида или в концентрированной серной кислоте применяется на гальванических участках [5].

Большинство водных растворов, содержащих галогенид (кроме фторида) или псевдогалогенид, тоже способны растворять этот благородный металл при включении его анодом электролитической ячейки. Менее агрессивен обнаруженный мной слабощелочной состав для анодного растворения, содержащий сульфит и/или тиомочевину.

#### Литература

1. И.А.Леенсон. В чем растворяется золото? «Химия и жизнь», 2003, № 7–8, с. 63.
2. В.М.Малышев, Д.В.Румянцев. Золото. М.: Металлургия, 1979, с. 52.
3. А.И.Малышев. Царский напиток. «Химия и жизнь», 1992, № 12, с. 50.
4. Ю.Г.Орлик. Золотые маски. «Химия и жизнь», 1986, № 2, с. 75.
5. П.С.Мельников. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. М.: Машиностроение, 1991, с. 225.

# В чем еще растворяется золото?

**Х**имики, а до них алхимики, за столетия провели с золотом огромное количество разных экспериментов. Вот результаты некоторых из них, имеющие прямое отношение к статье А.Ю.Абрамского.

1. Английский химик Ф.Г.Кемпбелл (1907 год), встряхивая осажденное (то есть мелкоизмельченное) золото с раствором иода в KI в течение суток, с хорошим выходом получил лимонно-желтые кристаллы иодида золота:  $2\text{Au} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{AuI}$ . В справочнике по константам устойчивости комплексных ионов иодидные комплексы золота не зафиксированы.

2. Реакцию золота с трибромидом провел в 1883 году немецкий химик П.Шоттлендер. К 20 частям тонкорастертого золота и 12,5 частям сухого KBr он добавил воды, а затем — 30 частей брома. Выдержав колбу в теплом месте до полного растворения золота, он упарил ее содержимое на водяной бане досуха, остаток растворил в воде, отфильтровал и упарил до появления на палочке для перемешивания кристалликов. После охлаждения выпавшие кристаллы были перекристаллизованы для отделения KBr. Автор описал наблюдавшиеся явления двумя реакциями: сначала  $2\text{Au} + 3\text{Br}_2 + 2\text{KBr} \rightarrow 2\text{KAuBr}_4$ , затем  $2\text{KAuBr}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KBr} + \text{AuBr}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

3. Золото все же образует фторидные комплексы, но только не в водной среде. В 1949 году А.Дж.Шарп из химической лаборатории Кембриджского университета обнаружил, что золото при слабом подогревании легко растворяется в трифториде брома с выделением брома ( $\text{BrF}_3$  плавится при  $8,8^\circ\text{C}$  и кипит при  $125,8^\circ\text{C}$ ). Упарив раствор в вакууме при  $50^\circ\text{C}$ , он получил лимонно-желтые кристаллы с брутто-формулой  $\text{AuBrF}_6$ . Это вещество давало соли — фтораураты натрия, калия и серебра, поэтому Шарп предположил, что в растворе  $\text{BrF}_3$  оно находится в ионизированной форме:  $\text{AuBrF}_6 \rightarrow \text{BrF}_2^+ + \text{AuF}_4^-$ .

При действии воды полученное соединение немедленно гидролизовалось с выпадением  $\text{Au}(\text{OH})_3$ , бурно реагировало с  $\text{CCl}_4$  и бензолом, контакт со спир-



# Встреча ГИГАНТОВ



СОБЫТИЕ

Письмо  
А.Ю.Абрамского  
комментирует  
наш консультант  
И.А.Леенсон.



РАССЛЕДОВАНИЕ

том вызвал взрыв. При нагреве до 120°C начал отщепляться  $\text{BrF}_3$ , при 180°C быстро образовался оранжевый порошок  $\text{AuF}_3$ . Этот фторид пытался получить еще А.Муассан, нагревая до красного каления золотую проволоку в атмосфере фтора. На проволоке у него образовалась оранжевая корка неидентифицированного вещества, которое разложилось при повышении температуры. Как выяснил Шарп, фторид золота (III) разлагается на элементы при 500°C и немедленно разлагается водой (и даже 40%-ной плавиковой кислотой):  $\text{AuF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Au}(\text{OH})_3 + 3\text{HF}$ .

Трифторид — мощный фторирующий агент:  $\text{CCl}_4$  спокойно фторируется им при 40°C, но с бензолом и спиртом идет бурная реакция, причем органическое вещество загорается. В Химической энциклопедии указано, что получен фторид  $\text{AuF}_5$  и крайне нестабильный фторид  $\text{AuF}_7$ . Первый из них образуется при разложении диоксигенильного фторауратного комплекса  $\text{O}_2^+\text{AuF}_6^-$ . Существование подобных комплексов привело канадского химика Н.Бартлетта к мысли о возможности существования соединений благородных газов, и в 1962 году он синтезировал первое такое соединение,  $\text{Xe}^+\text{PtF}_6^-$ .

4. В литературе можно найти и другие любопытные примеры растворения золота — в водном или эфирном растворе высших хлоридов марганца, кобальта и никеля, например:  $3\text{Au} + 3\text{MnCl}_4 \rightarrow 2\text{AuCl}_3 + 3\text{MnCl}_2$ . Золотая фольга очень медленно реагирует с тионилхлоридом:  $2\text{Au} + 4\text{SOCl}_2 \rightarrow 2\text{AuCl}_3 + 2\text{SO}_2 + \text{S}_2\text{Cl}_2$ , а в запаянной трубке при многочасовом нагревании до 160°C — и с сульфурилхлоридом:  $2\text{Au} + 2\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AuCl}_3 + 3\text{SO}_2$ . Есть сведения и о реакции золота с иодоводородом в присутствии высших оксидов железа, марганца или висмута; предполагается, что реакция идет так:  $2\text{Au} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{HI} \rightarrow 2\text{AuI} + \text{FeI}_2 + \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$ .

Так что золото — металл, конечно, инертный, но не абсолютно.



## Швейцарский концерн и московский институт начали переговоры о возможном сотрудничестве

28–29 апреля 2004 года состоялось знаменательное событие — в Институте биоорганической химии (ИБХ) РАН прошел международный научный симпозиум по структурной биологии, в котором приняли участие две стороны: ученые ИБХ РАН и ученые, ведущие фундаментальные научные разработки в швейцарской фармацевтической компании «Novartis AG».

Это и в самом деле была встреча двух гигантов. Первый — наверное, один из лучших российских институтов (и по оснащению научными приборами, и по сформированному в стенах института научным школам). В сорока лабораториях ИБХ ведутся самые различные исследования многообразных и загадочных процессов, происходящих в живом организме. Многое из того, что разрабатывается в институте, может представлять практический интерес для медицинской промышленности. Второй — крупнейшая фармацевтическая компания, лидер в разработке, развитии и внедрении инновационных лекарственных средств, применяемых в кардиологии, онкологии, трансплантологии, онкологии и др.

Все хорошо знают, что наша наука испытывает большие сложности с финансированием. В последние десять лет прекратило существование немало научных школ, приборы устарели и не были заменены новыми, многие талантливые ученые переехали работать за рубеж. Некоторым институтам, в частности ИБХ, все-таки удалось сохранить свой научный потенциал, но значительная часть результатов, полученных в его лабораториях (как и во многих других), подолгу не находит практического применения. Правда, в декабре прошлого года наша страна наконец начала выпускать синтетический инсулин, разработанный много лет назад именно в ИБХ. Но это многолетнее запоздывание только еще раз показывает, насколько плохо у нас налажена связь науки с производством. Как справедливо заметил академик М.П.Кирпичников, в нашей стране нет и никогда не было хоть чего-то отдаленно напоминающего фармацевтический концерн с полным циклом «наука — испытания — производство». Может быть, этот семинар станет если не первым шагом, то хотя бы попыткой шага в этом направлении? Ведь прежде чем создавать концерны у себя, необходимо понять, как функционируют уже существующие.

Нельзя сказать, что «Novartis AG» прежде не проявляла интереса к сотрудничеству с российскими учеными. Почти десять лет назад, в середине 90-х годов, она уже проводила совместные исследования с ИБХ РАН, результатом которых стали научные публикации. Вообще швейцарская компания живо интересуется новейшими разработками и сама ведет их весьма активно. На российском рынке представлена компания «Novartis Pharma», которая занимается регистрацией и распространением препаратов «Novartis», а также при активном участии ведущих медицинских учреждений проводит клинические исследования. Однако сейчас компания планирует более тесное сотрудничество.

Во время двухдневного семинара по десять участников с российской и швейцарской стороны рассказали о своих работах. Помимо швейцарских ученых в Москву на семинар приехал глава департамента научных разработок и исследований компании «Novartis AG» профессор П.Л.Херрлинг. Уже сейчас понятно, что у российского института и швейцарской компании есть много точек соприкосновения. Директор ИБХ РАН академик В.Т.Иванов считает, что начать совместную работу можно с некоторых проектов, причем в них следует определить права собственности на конечный продукт. Россияне ждут от западного партнера денег на продолжение уже начатых работ. Впрочем, профессор П.Л.Херрлинг тоже заявил, что речь должна идти о равноправном взаимовыгодном сотрудничестве, а не о заказных научных исследованиях.

Каким будет следующий шаг, пока сказать трудно. Но если «Novartis AG» возьмется за внедрение наших методик и препаратов — это уже неплохо, ведь у нас-то все равно денег нет, только мозги и рабочая сила. А вдруг когда-нибудь российский капитал вдохновится наглядным примером успешного инвестирования в большую науку и у нас появится свой «Novartis AG»?



# Нет ни кислот, ни оснований!

## Об одной полузабытой теории и ее творце

Кандидат химических наук  
**К.М.Кусаинова**

*В 1982 году в нашем журнале была опубликована заметка «Когорта великих» о книге «Биографии великих химиков», в которой говорилось: «Среди тех, кого авторы сборника отнесли к когорте великих, есть и наши соотечественники, в частности М.И.Усанович, о котором знают немногие».*

*К сожалению, молодому поколению фамилия Усановича действительно незнакома, хотя многие результаты его научной деятельности в области физической, неорганической, органической, аналитической химии стали классическими и попали в учебную и научную литературу. Он вошел в историю науки как автор обобщенной теории кислот и оснований, а также многочисленных работ в области теории растворов, за что и был включен в когорту великих химиков. Михаил Ильич Усанович прожил долгую жизнь, был необыкновенно эрудированным человеком, знал много языков, любил музыку, поэзию, живопись. Всю жизнь занимался любимым делом — наукой и педагогикой, и это помогало стойко выдерживать испытания судьбы. Его теорию, как и многие другие научные открытия, сначала сочли ересью. Затем было доказано, что она работает, то есть объясняет с единой точки зрения многие явления, казавшиеся не связанными, и даже позволяет делать предсказания. Тогда она стала выглядеть слишком очевидной, и при этом, как часто случается, фамилию автора начали забывать.*

**М**ихаил Ильич Усанович родился в 1894 году в Житомире, в семье известного зубного врача. Родные будущего химика были образованными, интеллигентными людьми, любили музыку, литературу. Студенческие годы он провел в Императорском университете Св. Владимира в Киеве. Это было беспокойное время — страна переживала Великую Октябрьскую революцию.

Михаил Усанович оказался свидетелем и даже невольным участником кровавых событий 1918–1919 годов на Украине, когда в ходе ожесточенной войны власть то и дело переходила из одних рук в другие. К концу лета 1919 года денikinские войска захватили почти всю Украину, а 30 августа заняли Киев. Вот отрывок из письма, написанного 31 августа 1919 года жене:

«Прежде всего — как видите, я остался жив. Иначе не могу сказать. Если бы меня случайно по какому-нибудь поводу арестовали (а арестовывали по самым разнообразным поводам и часто без всякого повода), я бы был, без всякого сомне-

*В этом году исполняется 110 лет со дня рождения  
Михаила Ильича Усановича — автора обобщенной  
теории кислот и оснований.*



ПОРТРЕТЫ

ния, расстрелян. Но теперь это уже отошло и кажется таким далеким. Трудно описать то, что было. Когда наладится сообщение и переезд станет безопасным, я за вами приеду».

Немного позже В.И.Вернадский организовал в Киеве экспериментальные работы по исследованию живого вещества — то была первая в истории мирового естествознания биогеохимическая лаборатория. Молодой Михаил Усанович стал одним из первых ее сотрудников. В дневнике Вернадского есть запись: «Утром разбор работы Бессмертной, Ярцевой и Усановича — обсуждение хода анализа. Впервые кобальт найден во мхах». В 1920 году лаборатория переехала в Москву, но Усанович и Вернадский переписывались друг с другом всю жизнь.

В начале 20-х годов, когда страна переживала трудности послевоенной разрухи, Михаил Ильич начал преподавать. Не хватало химической посуды, реактивов, не было газа, часто отключали свет. Учиться и учить было сложно. Состав слушателей стал чрезвычайно пестрым и по возрасту, и по подготовке. Тем не менее в июне 1923 года Усанович писал: «Занятия протекают необычайно хорошо и успешно. Слушатели мои мне очень нравятся. Я им, кажется, еще больше». Он читал лекции в школе пожарных, в клубе «Совработник», брался за литературную деятельность. Жена с дочкой продолжали жить в Житомире. Мизерной зарплаты не хватало. Экономическое положение интеллигенции резко ухудшилось: если до революции заработок специалиста был в 20 раз выше низших окладов рабочих, то в 1919 году этот разрыв сократился в 4 раза.

Усанович хотел заниматься наукой, и такая возможность представилась ему в 1929 году. Его избрали заведующим кафедрой аналитической химии Томского государственного университета и старшим научным сотрудником Сибирского физико-технического института, где ему поручили создать лабораторию физической химии. Ученому тогда было 35 лет.

**В** Томске Усанович организовал работы по исследованию физико-химических свойств неводных растворов. К тому времени, когда он начал изу-

чать причины электропроводности растворов, существовали две теории, объясняющие это явление: химическая и физическая.

Первую выдвинул Д.И.Менделеев. Он объяснял изменения свойств вещества при растворении тем, что оно вступает в химическое взаимодействие с молекулами растворителя, образуя соединения. Менделеев назвал их сольватами (от лат. слова *solvere* — растворять). Физическую теорию в конце XIX века предложил 28-летний швед Сванте Аррениус. Согласно этой теории, молекулы вещества в растворе не взаимодействуют с молекулами растворителя, а растворы некоторых веществ (электролитов) проводят электрический ток потому, что диссоциируют, то есть распадаются, на электрически заряженные частицы (ионы).

И вот в далекой Сибири начинает заниматься исследованием неводных растворов М.И.Усанович. В качестве растворителя ученый выбрал эфиры, у которых диэлектрическая постоянная была близка к диэлектрической постоянной воды. В опытах выяснилось, что в диэтиловом эфире хлорид сурьмы проводит ток, а в другом эфире, анизоле, — нет. Это противоречило теории Аррениуса, отрицающей взаимодействие с растворителем. Усанович сделал вывод, что различное поведение галоидов в анизоле и в диэтиловом эфире не связано с их диэлектрической постоянной. Компоненты раствора взаимодействуют химически, и в результате появляется электролит, то есть ионы. Но поскольку из ионов состоят соли, а соль, в свою очередь, — продукт кислотно-основного взаимодействия, то отсюда следует, что электропроводность раствора возникает в результате кислотно-основного взаимодействия между его компонентами: хлоридом сурьмы и эфиром. Усанович предположил, что в этих растворах образуется соль, подобная оксониевым, а значит, хлорид сурьмы — кислота. Таким образом, изучая причины электропроводности растворов, Усанович пришел к необходимости более общего определения кислот.

**Н**аучные представления о кислотах и основаниях впервые появились в середине XVII века. Тогда соль опре-

деляли как продукт взаимодействия кислоты со щелочью, в результате которого и кислота, и щелочь исчезают. Одна за другой появлялись и отвергались механистическая, флогистонная, кислородная, водородная теории кислот, каждая из которых связывала кислотные свойства с определенным носителем кислотности. Это могли быть частицы с игольчатым строением, проникающие в поры различных тел, например металлов; либо особое кислотное начало; либо атомы кислорода; либо атомы водорода. Однако с развитием химии число веществ, проявляющих кислотные свойства, увеличивалось, и они уже не вмещались в рамки, очерченные той или иной теорией. Каждый раз приходилось искать новую.

Теория электролитической диссоциации Аррениуса определяла кислоту и основание как соединения, дающие при диссоциации в воде ионы водорода или гидроксидов соответственно. Согласно этим взглядам, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HNO<sub>3</sub> — кислоты, а NaOH, KOH и Ca(OH)<sub>2</sub> — основания. Теория удовлетворительно объясняла электропроводность растворов электролитов, но она была применима только к водным растворам, хотя уже тогда были известны реакции, протекающие в неводных растворителях и в газовой среде. Другим недостатком было то, что аммиак (NH<sub>3</sub>), основные свойства которого были доказаны еще в XVII веке, по теории Аррениуса не должен был относиться к основаниям.

Факты такого рода привели к появлению в 1928–1929 годах нового обобщения водородной теории — к теории кислот и оснований Йоханнеса Бренстеда и Томаса Лоури. Согласно этой теории, кислота — это вещество, стремящееся отдать протоны, а основание — вещество, стремящееся их присоединить. Эта теория смогла отказаться от OH-группы как единственного носителя основности, тем самым выйдя за рамки водных растворов, но не отказалась от водорода как единственного носителя кислотности, хотя не все известные к тому времени кислоты содержали протон.

Таковыми были взгляды на кислоты и основания, когда Усанович, изучая электропроводность неводных растворов, пришел к несогласию с господствовавшей в то время теорией Бренстеда.



Ученый отдавал себе отчет в том, что его предположения требуют всестороннего подтверждения. Он изучил несколько систем, образованных  $\text{SbCl}_3$  с органическими основаниями, не принадлежащими к классу эфиров, в частности с пиридином. К своей радости, он обнаружил, что при этом также образуется соль. Далее Усанович таким же образом доказал кислотность  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AsBr}_3$ ,  $\text{PBr}_3$  и других подобных соединений, которые никак не могут быть кислотами согласно теории Бренстеда, поскольку не содержат протона. Впервые он кратко написал об этом в 1932 году в «Журнале общей химии».

Продолжая изучение электропроводности неводных растворов, ученый в качестве объекта исследования взял довольно сложную двойную систему:  $\text{HNO}_3\text{—H}_2\text{SO}_4$ , которая используется в реакциях нитрования ароматических соединений. Механизм этой реакции изучали многие химики, но только Усанович доказал, что две кислоты, вопреки здравому смыслу, реагируют между собой. Причем азотная кислота, будучи сильной кислотой по отношению к воде, по отношению к более сильной серной кислоте ведет себя как сильное основание. А это говорит об амфотерности азотной кислоты.

Такая смелая мысль требовала тщательной проверки. Усанович поставил опыты по нитрованию бензола в присутствии разных кислот: серной, уксусной, моно-, ди- и трихлоруксусной. В первом случае реакция прошла мгновенно с образованием нитробензола. Во втором реакция не пошла. В третьем и четвертом опыте реакция вначале шла энергично, а затем остановилась. При этом образовалось одинаковое количество нитробензола. И наконец, в присутствии трихлоруксусной кислоты, сравнимой по силе с серной, как и ожидалось, реакция протекала бурно и до конца с образованием нитробензола. Таким образом, Усановичу удалось получить первое качественное подтверждение своей гипотезы об амфотерности азотной кислоты.

Об этом ученый написал академику, лауреату Государственной премии за работы в области физхимии растворов Николаю Семеновичу Курнакову:

«В этом году я работаю в следующем направлении: изучение электропроводности и внутреннего трения двойных жидких систем, направленное к выяснению взаимоотношений между некоторыми веществами; здесь меня интересует главным образом вопрос о кислотной и основной функции и амфотерных свойствах. Некоторые из полученных результатов очень любопытны; так, при изучении довольно трудной системы  $\text{HNO}_3\text{—H}_2\text{SO}_4$  оказалось, что  $\text{HNO}_3$  является в таком сочетании основанием, дающим сульфат. Об этих работах расскажу на конференции» (20 июня 1933 г.)

К весне 1938 года взгляды Усановича на проблему окончательно сложились, и он написал в ЖОХ статью «О кислотах и основаниях». Она поступила в печать 7 июня 1938 года, а вышла в свет в 1939-м. Конечно же Михаил Усанович не знал о том, что всего за несколько дней до этого на другом континенте американский химик Гилберт Льюис послал в печать статью с таким же названием. Там Льюис также писал о том, что  $\text{AlCl}_3$  и подобные ему соединения являются кислотами, и привел свою формулировку понятий «кислота» и «основание». Дата поступления этой статьи — 20 мая 1938 года. Такое часто бывает в истории науки, в те поворотные моменты, когда назревает необходимость пересмотра понятий.

Льюис, пытаясь объяснить кислотность  $\text{AlCl}_3$ , исходил из электронных представлений. По его теории, кислота — это соединение, которое способно принять пару электронов для образования ковалентной связи, а основание — соединение, которое способно эту пару предоставить.

Усанович в статье «Что такое кислоты и основания» раскритиковал теорию Льюиса, подчеркнув, что она «неправильна и противоречива; она не может быть поставлена рядом с теориями Аррениуса и Бренстеда, каждая из которых безупречна в своей ограниченной области».

В отличие от Льюиса, Усанович считает, что кислота — вещество, способное отдавать катионы, соединяющиеся с анионами или электронами, а основание — вещество, способное отдавать анионы или электроны, соединяющиеся с катионами.

Обе теории сходны в одном: они отрицают водород как универсальный носитель кислотности. Но если Льюис в определении понятий «кислота» и «основание» исходит из электронных представлений, то Усанович — из электростатических, то есть знака заряда. Это позволяет ему значительно расширить объем обоих понятий и включить в круг кислотно-основных равновесий еще и окислительно-восстановительные реакции. Такое утверждение было очень смелым для тех времен.

Усанович нашел очень много важных положений, подтверждающих его мысли, в «Очерках геохимии» В.И.Вернадского и поделился этим с известным минералогом в следующем письме, датированном 1938 годом:

«Я пришел к выводу, что я в настоящее время делаю попытку привести (впервые со времен Берцелиуса) вопрос о химических функциях в соответствии с теми представлениями, которые существуют в минералогии и геохимии. И то, что мои выводы получают, по-видимому, огромный арсенал подтверждений в том, что Вы называете «природным экспериментом», напол-

няет меня чувством глубокой радости.

Речь идет, конечно, не о случайном совпадении; я пришел к убеждению о недостаточности существующих теорий, обнаружив типичные кислотно-основные реакции, сопровождающиеся солеобразованием, в неводных растворах и, главное, без участия водорода. Такие реакции происходят в магме. А химическая мысль загипнотизирована богатым материалом, относящимся к частному (хотя и очень важному) случаю водных растворов, и только теория Бренстеда отошла от них, но и она все-таки не сумела вполне освободиться от «водной» традиции, переходящей в рутину».

В ответ Усанович получил письмо, которое его «очень взволновало как добротой и вниманием, которые в нем проявлены, так и мыслями, которые в нем высказаны».

«В сущности, химическая мысль не охватывает сейчас всего огромного материала, который точно установлен. И до сих пор природный эксперимент по своему диапазону далеко превосходит тот материал, который дает химический опыт. В земной природе мы изучаем тела, температура которых колеблется от двух тысяч градусов до минуса, а давление от долей атмосферы до нескольких тысяч мегабар. Я нисколько не сомневаюсь, что далеко не все явления могут быть включены для земных минералов в химические представления: основания — кислоты — соли. Огромную роль играют комплексные соединения, то есть соединения кислот с кислотами или оснований с основаниями. Они составляют по весу значительную часть верхних частей планеты на очень большую ее глубину.

Мне кажется вообще, что вопрос о химических функциях находится сейчас теоретически в мало разработанном состоянии, и я не думаю, что электронная теория много помогла нам в этом. Она слишком упрощает явления.

Сложность химической функции особенно проявляется в биохимии, где мы знаем целый ряд непонятных нам по форме проявлений. Здесь нужна большая углубленная работа химика».

В то время, когда Усанович заявил о своей теории, он уже работал в Ташкенте, куда его пригласили на должность заведующего кафедрой физической химии Среднеазиатского государственного университета и директора Института химии при САГУ. Позже он переехал в Алма-Ату, где проработал более сорока лет.

Несмотря на большую занятость в административной работе, ученый продолжал исследовать физико-химические свойства неводных растворов и разрабатывать теорию кислот и оснований. В 1938 году ВАК присудил ему ученую степень доктора химических

наук без защиты диссертации. Однако точка зрения Усановича на кислоты и основания, по его воспоминаниям, «вызвала довольно бурную реакцию со стороны ташкентских химиков, которые не желали отказаться от протона как единственного носителя кислотных свойств».

В 1940 году Усанович счел своевременным сделать доклад о полученных к тому времени результатах в Ленинградском отделении Менделеевского общества. Доклад был заявлен от имени Усановича и его студента, ныне академика АН Украины Константина Борисовича Яцимирского, но болезнь воспрепятствовала поездке Усановича, и вместо него в Ленинград поехал студент, «с большим успехом справившийся со столь ответственной миссией».

Война разлучила учителя и ученика. Усанович переехал из Ташкента в Алматы, а Яцимирский после демобилизации обосновался в России, в городе Иваново. Однако всю жизнь они поддерживали личный и научный контакт. Как не вспомнить мудрые слова: «Ученик — не сосуд, который надо наполнить, а факел, который надо зажечь». В последний раз Яцимирский приезжал в Алма-Ату в 1974 году на 80-летний юбилей своего учителя.

Благодаря регулярной переписке ученых мы можем сегодня проследить, как развивалось и крепло учение Усановича о кислотах и основаниях. Вот что писал Яцимирский в июле 1943 года:

«Я мечтаю о том времени, когда Ваша теория будет общепризнанной, и тогда она станет путеводной нитью в большом числе работ. Я уж и сейчас вижу, что от объяснения многих реакций можно переходить к предсказанию многих новых реакций в органическом синтезе.

Разбором материала по органике я в основном закончил работу по классификации кислот и оснований. Результаты работы получились неплохие и даже меня несколько удивили возможностью все уложить в довольно стройные схемы и очень многое предвидеть. Вот очень коротко основные выводы, к которым я пришел.

1. Все кислотно-основные реакции удастся подразделить на несколько очень простых типов.

2. Реакции нейтрализации тесно смыкаются с реакциями окисления-восстановления, и найдены, в частности, все промежуточные переходы от обычной нейтрализации до типичных окислительно-восстановительных реакций. Таким образом, теперь я вынужден констатировать, что окисление-восстановление лишь частный случай реакций кислотно-основных.

3. По-новому дается определение окислительно-восстановительных реакций, и устраняется вся путаница, которая была до сих пор, и несогласие между определением их в органической химии и у неоргаников

4. Разъясняется явление кислотно-основного катализа. В частности, я сам удивился, когда написал все реакции, которые должны катализироваться сильными кислотами, слабыми кислотами, основаниями и т. д., и получил полное совпадение с данными эксперимента.

5. Показаны пути к экспериментальному определению кислотности и основности, и намечены пути для вычисления на основании одного из этих измерений всех остальных величин.

6. Значительно шире толкуется понятие «амфотерное соединение», показаны несколько классов кислот и оснований.

7. Привожу подробный разбор некоторых органических реакций (Гриньяра, этерификации, омыления и т. д.) и указываю пути к изменению среды, увеличения скорости этих реакций, предлагаю новые синтезы (никогда не осуществленные) при соответствующем применении кислотности и основности среды

Это далеко не полный перечень всех выводов. Понятно, что все определения понятий: кислота, основание, соль и т. д. взяты из Вашей теории

Дорогой Михаил Ильич! Вместе с тем, как я Вам благодарен и за интересную тему, и за толчок в этом направлении данной мне темой, мне кажется, что если удастся осуществить предсказанные реакции (а их немало), то это будет очень крупным и серьезным доводом за Вашу теорию».

Как видно из этой переписки, теория Усановича в самом деле позволяет предсказать огромное количество химических реакций. Но именно слишком широкий круг реакций, охватываемых теорией, некоторые оппоненты считали ее недостатком.

Так, А.И. Шатенштейн, критикуя теорию Усановича, пишет: «Если пользоваться определениями Усановича, то кислотами (основаниями) оказываются вещества, имеющие очень мало общего в химическом отношении. Объем понятий настолько расширяется, что они при этом крайне беднеют содержанием. Вспомним конкретные примеры.

Кислоты:  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_3^+$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{AsCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{CN})_3$ ,  $\text{BCl}_3$ .

Основания:  $\text{Na}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Единственным признаком, общим для всех перечисленных кислот и оснований, остается лишь их способность к реакциям».

Усанович ответил на эту, как он сам ее назвал, «уничтожающую характеристику» большой статьей «Что такое кислоты и основания», в которой дал полный анализ всех имеющихся теорий, а также взглядов оппонентов.

Он, в частности, пишет: «Вообще, когда при классификации объекты группируются по определенному признаку,



## ПОРТРЕТЫ

они могут иметь мало общего по другим признакам. При рассмотрении, например, ряда  $\text{F}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  с первого взгляда может показаться, что у членов ряда нет ничего общего, кроме «способности к реакциям», притом в весьма различной степени. В действительности же все перечисленные частицы — окислители».

И далее Усанович пишет: «Мы хорошо знаем, что окислителями и восстановителями могут быть вещества, принадлежащие к самым различным классам соединений. Конечно, если считать, что кислоты (основания) — вещества одного определенного класса, то принадлежность к этому классу веществ, весьма разнообразных по своему составу, строению и химическим свойствам, вызывает смущение. Однако, повторяем, наличие у этих веществ, разнообразных по совокупности своих свойств, общих (кислотных) признаков не вызывает сомнений ни у кого. Отсюда вытекает, что понятия «кислый» и «основной» не указывают на принадлежность к классу кислот и оснований, подобно тому, как «окислитель» или «восстановитель» также не указывает на принадлежность к какому-то определенному классу веществ. В действительности мы имеем дело с кислотными и основными свойствами, вовсе не означающими принадлежность к классу кислот и оснований, так как таких классов нет в природе».

Итак, главный вывод сделан: «Кислоты и основания — это не классы соединений; кислотность и основность — это функции вещества. Будет ли вещество кислотой или основанием, зависит от партнера».

Друг Усановича, физик А.А. Гухман выразил суть его открытия в стихотворной форме:

О сладкий плод твоих исканий —  
Закон суровый и простой:  
Нет ни кислот, ни оснований!  
И кислоту без оснований  
Всегда считали кислотой.

История науки знает немало примеров, когда то или иное открытие ученого гораздо лучше принимается за рубежом, нежели у него на родине. Так произошло и с теорией Усановича. В одном из писем, написанном в конце



## ПОРТРЕТЫ

50-х годов, ученый говорит об этом с нескрываемой горечью.

«В 1931 году, когда шла подготовка к VI съезду, я получил от оргкомитета очень для меня лестное приглашение прочитать доклад об электрохимии неводных растворов, что и было осуществлено. С тех пор прошло более четверти века напряженной работы. Как мне кажется, я ушел по сравнению с моими первыми шагами того времени очень далеко вперед. Сильно изменилось и мое положение в науке. Не желая затруднять Вас гораздо более длинным и охватывающим последние 20 лет перечнем зарубежных отголосков моих работ (речь идет, конечно, не о простых ссылках), позволю себе указать на статью H. Gehlen/a Z.Phys.Chem. (Leipzig), 203, 125, 1954, "Zur Kenntnis der Sauren — Basen — Theorie von Ussanovitsch", а также на параграф, посвященный моим взглядам, в учебнике Th.Maeller/a — Inorganic Chemistry, 5-th.Edit.-London — № 4, 1956. К сожалению, отечественная химия пока не приняла моих взглядов, хотя некоторые авторы (Фиалков, Яцимирский) выступали с их горячей поддержкой. Я полагаю, что основная причина состоит в том, что я недостаточно занимаюсь пропагандой...

Как Вам хорошо известно, обобщенные представления о кислотах получают все более широкое признание и распространение. Не следует ли советской химии фиксировать это как одно из своих достижений, а не уступать его Льюису, взгляды которого гораздо более несовершенны?»

Нельзя сказать, что заслуги Усановича не были отмечены. Он был академиком АН КазССР, заслуженным деятелем Узбекской и Казахской ССР, за заслуги перед родиной был награжден тремя орденами Трудового Красного Знамени, медалями и почетными грамотами Верховных Советов Узбекской и Казахской ССР. На химическом факультете Казахского национального государственного университета имени Аль-Фараби, где Усанович с 1944 года и до самой своей кончины заведовал кафедрой физической химии, есть аудитория, носящая его имя. Портрет химика висит в Галерее ученых в Институте химии АН Республики Казахстан, где он заведо-

вал лабораторией физической химии. Его теория упоминается во многих учебниках и справочниках, отечественных и зарубежных.

Ученый сохранил поразительную работоспособность и ясность ума до конца своей жизни, а прожил он 87 лет. И единственное, о чем он сожалел, это о том, что ему не хватает общения со своими коллегами. В 1978 году Усановичу пришло письмо от профессора Е.И.Акумова с предложением провести Шестую Менделеевскую дискуссию по растворимости в Алма-Ате на возглавляемой Усановичем кафедре физической химии КазГУ. Вот выдержки из ответного письма:

«Письмо Ваше меня сильно взволновало. Дело в том, что я в первом полугодии этого года увлеченно занимался теоретическим расчетом различных свойств растворов, которого до сих пор никто еще не производил. При этом были установлены в общем виде специфические особенности различных свойств и обнаружены путем сопоставления результатов необыкновенно интересные взаимоотношения. В течение целого семестра я вел семинар, посвященный этим расчетам и обоснованию общих выводов, превзошедших все ожидания. После некоторой передышки я намерен заняться публикацией результатов. И вот Ваше письмо мне открыло, что я последние полгода, чувствуя, что пришел к кульминации всей моей многолетней работы по теории растворов, занимался, в сущности, подготовкой вводного доклада на предстоящей Пятой Менделеевской дискуссии, о которой мне, однако, ничего не было известно. Этими словами я хочу выразить всю горечь моего сожаления о том, что меня после первой дискуссии перестали приглашать.

Я не понимаю, в чем дело. Конечно, мое большое выступление на первой дискуссии, в которой я высмеял нашего старого друга за его эгоцентризм и снобизм и которое Вы тогда так горячо одобрили, не могло всем понравиться. Но если говорить серьезно, то все дело, вероятно, в том, что я мало печатаюсь, хотя, с другой стороны, старец вроде меня может претендовать на роль свадебного генерала на больших химических сборищах.

Мне только очень хотелось бы иметь возможность поделиться своими результатами, так как они для той аудитории, которая собирается на Менделеевской дискуссии, подходят более всего».

Известный американский исследователь, лауреат Нобелевской премии Макс Дельбрюк как-то сказал: «Большинство ученых предпочитает «играть» вместе. Общение — великая радость нашего ремесла». Именно такого общения, при котором ученые могут поделиться с коллегами своими идеями,

результатами, где в жарких спорах все же рождается истина, не хватало Усановичу.

Ученый умер в 1981 году, в день своего рождения, в возрасте 87 лет. Он не успел увидеть вышедшую в том же году в издательстве «Мир» книгу немецких авторов «Биографии великих химиков», в которой его биография приводится наряду с биографиями Д.И.Менделеева, А.Н.Бутлерова и других знаменитостей.

Созданная им теория вошла в мировую науку как обобщенная теория кислот и оснований Усановича и успешно применяется при теоретической интерпретации химических процессов. Сейчас это наиболее прогрессивная и современная научная теория, позволяющая, как уже говорилось, предвидеть новые факты.

В Центральном государственном архиве научной документации Республики Казахстан, в одной из папок, лежит лист бумаги со словами, написанными рукой Усановича, без обращения и без даты, словно послание потомкам:

«Молодыми химиками многое принимается прямо на веру, и для начинающего не лишне вкратце узнать, насколько законно развилось то или другое учение, какая у него фактическая, так сказать, необходимая подкладка, из которой с более или менее решительной последовательностью вытекает то или другое суждение Тот промежуток времени, в течение которого я вращаюсь в химическом мире, уже значителен, и я был не раз свидетелем, как трудно подчас развиваются известные обобщения и усваиваются известные понятия, делающиеся впоследствии общераспространенными. То, что казалось назад тому 15–20 лет неясным, сделалось ныне ходячим представлением и без дальнейших затруднений воспринимается каждым, даже начинающим».

### Что еще почитать о М.И.Усановиче:

Биографии великих химиков (Под ред. К.Хайнига). М.: Мир, 1981. Яцимирский К.Б. Журнал общей химии, 1982, т. 52, №4, с.948.





## Алексей Сисакян:

*Поэзия малых форм — особый род литературного искусства. Тут — в минимуме пространства — нужно создать запоминающийся, точный образ, а то и афоризм. Говоря по-научному, необходимый и достаточный. Это — редкий дар.*

*О науке мы упомянули не зря. Автор небольшой*

*подборки стихов, которая перед вами, — маститый физик, автор многих научных исследований, с 1989 года — вице-директор Объединенного института ядерных исследований в Дубне. И еще деталь, уже генетическая: он — сын одного из основоположников отечественной косми-*

*ческой биологии. Вот так в одном человеке сплелись великие страсти — к физике, к поэзии, к биологии, то есть, в конце концов, к жизни. В этом году в «Академкниге» вышел уже третий сборник его стихов.*

*Известный физик, поэт, творец малых форм...*



ЛИТЕРАТУРНЫЕ СТРАНИЦЫ

### «Летит лишь тьма быстрее света»



\* \* \*

Несется жизнь, как кобылица  
В непредсказуемом кино.  
Предугадать нам не дано.  
Но нам дано остановиться.

\* \* \*

Чувство собственной правоты  
Никогда меня не ласкало.  
Просто прозы мне было мало,  
И была боязнь немоты.

\* \* \*

Упростилась трапеза до пищи,  
А любовь до секса довели.  
Красоту, и ту равняют с нищей  
Голые, как прежде, короли.

\* \* \*

Мечтали из себя мы выдавить раба,  
Но выжали до капли совесть.  
И вся-то наша жизнь — борьба,  
гульба, пальба.  
Найдется ли печальной повесть?

\* \* \*

У гигантов низенькие чувства,  
А у карликов гигантский ум...  
Воспарить над нормой — вот искусство.  
Норма — это шум.

\* \* \*

Стучишься в дверь воспоминаньем,  
Обрывком памяти звонишь...  
Так прошлое ползет за нами,  
Как талый снег сползает с крыш.

\* \* \*

Сойти с ума  
От этого завета:  
Летит лишь тьма  
Быстрее света.

\* \* \*

Науке — лирик предназначен,  
Без рифмы формулы сухи.  
Душа должна быть тоже зрячей,  
И ей, как свет, нужны стихи.

\* \* \*

«Страшитесь первого порыва —  
Он часто слишком благороден».  
Так Талейран сказал игриво...  
Его совет и нынче годеи.

### «Глобальная энергия» — 2004

*Трое физиков из России и США получили очередную премию «Глобальная энергия». Премимальный фонд 2004 года, который составляет 900 тысяч долларов США, будет поделен между лауреатами в равных долях (info@ge-prize.ru, www.ge-prize.ru).*

Международный комитет по присуждению премии «Глобальная энергия» принял решение присудить премию «Глобальная энергия» 2004 года следующим ученым:

**Федору Митенкову**, академику РАН, научному руководителю ГУП «Опытное конструкторское бюро машиностроения им. А.А.Африкантова» (Россия) и

**Леонарду Дж. Коху**, профессору, экс-президенту Иллинойской энергетической компании (США), «За разработку физико-технических основ и создание энергетических реакторов на быстрых нейтронах»

**Александр Шейндлину**, академику РАН, почетному директору Института высоких температур РАН (Россия) «За фундаментальные исследования теплофизических свойств веществ при предельно высоких температурах для энергетики»

Вот как прокомментировали лауреаты это событие. Ф.Митенков: «Я посвятил исследованиям в области атомной энергетики 54 года. Я рад, что мой труд оценен международной премией в сфере, от которой зависит будущее человечества». Л.Кох: «Это очень престижная награда. Нобелевской премии по энергетике не существует. Эта премия создана, чтобы заполнить пробел». А.Шейндлин: «Сегодня энергетика — важнейшее направление в области научных знаний и экономики, развитие именно этой отрасли определяет жизнеспособность стран в мире. Мне очень лестно, что мои исследования так высоко оценены, это одно из самых важных событий в моей жизни».

По мнению председателя Международного комитета по присуждению Премии академика Жореса Алферова, «лауреаты премии 2004 года - яркие ученые и личности, великолепные физики, много лет занимающиеся разработками в области теплофизики, теплоэнергетики и атомного машиностроения».

Право выдвигать кандидатов на премию «Глобальная энергия» в 2004 году получили 400 специалистов из разных стран мира, в том числе 240 зарубежных и 160 российских ученых. На соискание премии было представлено более 60 работ. Все они в полной мере соответствуют понятию «глобальная энергетика». Более трети работ, участвовавших в конкурсе, были выполнены зарубежными авторами.

На своем заключительном заседании Международный комитет по присуждению премии «Глобальная энергия» рассмотрел пять работ, представленных экспертной комиссией, которые оценивались по следующим критериям: научная ценность, практическая значимость, оригинальность, важность для развития энергетической отрасли всего мира.

Международная энергетическая премия «Глобальная энергия» учреждена в 2002 году по инициативе ведущих российских ученых во главе с лауреатом Нобелевской премии академиком Жоресом Алферовым. Учредителями премии выступили крупнейшие российские компании ОАО «Газпром», РАО «ЕЭС России» и НК «ЮКОС».



**Федор Митенков**



**Леонард Дж. Кох**



**Александр Шейндлин**

## ЭКОЛОГИЯ

### Экологический кризис – не всегда катастрофа

*Когда общество стремится как можно быстрее и эффективнее увеличить свое материальное богатство, наступает экологический кризис. Он способен привести к катастрофе, но может закончиться и успешным восстановлением равновесия между обществом и природой, причем на более высоком ресурсном и технологическом уровне. К такому выводу пришел Д.И.Люри, сотрудник Института географии РАН.*

Д.И.Люри проанализировал историю использования различных ресурсов и проследил, как общество входит в экологический кризис и какими путями может из него выйти.

Природные ресурсы, которые использует человечество, необходимо восстанавливать. Небольшие убытки компенсирует природа: на месте срубленных деревьев вырастают новые, ветер уносит дым, а дожди смывают грязь. Но чем больше люди потребляют, тем больше сил и средств им самим приходится вкладывать в восстановление. Надо сажать леса, удобрять истощенные земли, строить очистные сооружения. Поэтому использование ресурсов становится все менее эффективным. Эта закономерность хорошо видна на примере эволюции сельского хозяйства. При собирательстве в умеренной зоне первобытный человек мог получить 800 млн. джоулей продукции с гектара, а на восстановление требовалось 40 млн. джоулей. При трехпольном земледелии эти цифры составляли соответственно 40 млрд. и 5 млрд. джоулей, а при современном агропромышленном земледелии — 145 млрд. и около 100 млрд. джоулей. Иными словами, потребление ресурсов за это время возросло в 181 раз, а затраты на восстановление — в 2416 раз. Эффективность ресурсопользования (потребление/восстановление) упала более чем в 6,5 тыс. раз.

Удорожание ресурсов и снижение темпов роста потребления — плата за устойчивое развитие. Но именно рост потребления представляет собой главную цель материальной деятельности общества. На пути к этой цели человек не только усиленно эксплуатирует ресурсы, но и снижает затраты на их восстановление. Вначале такой путь кажется выгодным, поскольку еще не сопровождается падением эффективности, и общество получает средства, позволяющие решать демографические, экономические и социальные проблемы. Но в конце концов



человек сталкивается с необходимостью исправлять разрушения, которые при кризисе нарастают, как снежный ком. Исход зависит от того, сколько излишков потребления общество сумело накопить на начальных этапах кризиса и может теперь вложить в восстановление ресурсов, не прекращая их использовать. Если средств достаточно, исход благоприятен. Так развивался экологический кризис сельского хозяйства в Центрально-Черноземном регионе России. Более 100 лет край был главной житницей страны, но к концу XX века черноземы истощились. Однако кризисные излишки продуктов позволили развивать сельскохозяйственную промышленность, закупать удобрения, механизмы и современные технологии. В результате людям удалось остановить истощение полей и разрушение пастбищ, не снижая уровень потребления. Правда, за это пришлось заплатить падением эффективности хозяйства в полтора раза.

Если быстро растущее население проедает все излишки и средств на восстановление не хватает, приходится затянуть пояс. Именно так развивался кризис животноводства в засушливых африканских странах. С начала XX века здесь быстро росла численность скота, которая к середине столетия превысила потенциал полупустынных пастбищ. В большинстве стран, таких, как Сомали или Нигерия, не нашлось средств на их восстановление, и поголовье скота пришлось сократить.

Третий вариант выхода из кризиса — катастрофический. Он реализуется, когда восстановительный потенциал природы исчерпан, а люди не вкладывают ничего. Так «вышел» из кризиса китобойный промысел: он закончился практически полным уничтожением промысловых популяций китов и исчезновением китобойной промышленности.

Итак, погоня за быстрой и легкой наживой — путь заманчивый, но опасный.

Ведь даже при благоприятном исходе эффективность использования ресурсов, рассчитанная за все время кризиса, оказывается меньше, чем при движении по равномерному пути. Общество «выбирает» кризисный способ развития только потому, что оценивает его выгодность лишь на первом этапе. Давайте же думать о будущем.

## МЕДИЦИНА

### NO и инфаркт

*В последнее десятилетие выяснилось, что NO, это простейшее химическое соединение, ответственно за состояние сердечно-сосудистой, иммунной, нервной и дыхательных систем и гемостаза организма. Возникла даже новая область биологии — биология NO. Ученые из Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова и Клиники пропедевтики внутренних болезней, гастроэнтерологии и гепатологии им. акад. В.Х.Василенко попытались исследовать синтез оксида азота у больных инфарктом миокарда. Оказалось, что содержание NO и продуктов его метаболизма в моче и плазме крови можно использовать для прогноза течения инфаркта.*

Организм человека и животных сам постоянно синтезирует оксид азота из аминокислоты аргинина. В стрессовых условиях синтез NO возрастает. Врачам это известно, и нитраты давно используют как лекарства, в том числе ими лечат и ишемическую болезнь сердца. Московские медики обследовали 30 больных инфарктом миокарда, которые еще не принимали нитроглицерин. В

первый же день поступления в отделение интенсивной терапии у всех участников эксперимента брали на анализ мочу и кровь из вены и определили уровень нитратов и нитритов в этих жидкостях (анализ дорогой и трудоемкий). На 21-й день анализы повторяли. В группу сравнения вошли относительно молодые люди без вредных привычек и патологий сердечно-сосудистой системы. Оказалось, что всех больных «первого дня» можно разделить на три группы: с повышенным, пониженным и обычным содержанием нитритов и нитратов в моче и плазме крови. Если уровень продуктов метаболизма NO в норме (от 20 до 90 мкМ в моче и 5–30 мкМ в плазме) или немного выше, инфаркт миокарда будет протекать без осложнений. Самое большее, что может омрачить жизнь таких пациентов — низкое артериальное давление, которое врачи легко приводят в норму. Но если уровень нитритов и нитратов ниже этих показателей, болезнь будет тяжелой. Пациентов, скорее всего, ожидают острая левожелудочковая недостаточность, нарушения сердечного ритма и проводимости, хроническая аневризма сердца и, весьма вероятно, летальный исход. Если больному с такими анализами посчастливится остаться в живых, то повторный инфаркт ему почти гарантирован.



Анализ на содержание NO показателей только в первый день заболевания. Через три недели уровень конечных продуктов метаболизма оксида азота у тех, кто дожил до этого дня, достоверно не отличается от такового у контрольной группы. Но поскольку в прогнозах в это время уже нет особого смысла, это и не важно. О том, насколько реально делать такие анализы в больницах, куда привозят много сердечников, исследователи не пишут.



Александра Горяшко

# Сам Бог велел

## Монастыри и охрана природы в прошлом и настоящем

*О Боже, расшири в нас чувство товарищества со всеми живыми существами, с нашими меньшими братьями, которым Ты дал эту землю, как общий дом с нами. Да уразумеем, что они живут не для нас только, но для себя самих и для Тебя, что они наслаждаются радостью жизни так же, как и мы, и служат Тебе на своем месте лучше, чем мы на своем.*

Св. Василий Великий



**В** последние годы термин «экология» прочно вошел в обиход церкви, ее служители все чаще обращаются к экологической тематике. Статьи на эту тему стали периодически появляться в «Журнале Московской патриархии», а Русский христианский гуманитарный институт даже выпустил сборник «Христианство и экология». Во всех этих изданиях активно обсуждается вопрос, который огрубленно можно сформулировать так: определил ли Бог человеку господствовать над природой или он придавал равное значение всем тварям своим?

Наряду с этим в среде специалистов разгорается идеологическая дискуссия между сторонниками традиционного, научного подхода к охране природы (осуществляемого в большинстве заповедников) и адептами нового взгляда. Последние предлагают создать из природы некий культ, абсолютную и неприкосновенную святыню, а научный подход считают прямо-таки кощунством. Симптоматично, однако, что как в первом, так и во втором случае копыта ломаются на чисто теоретической почве и при этом обе «воюющие» стороны как-то забывают, что истории церкви и охраны природы переплелись давно и не в теории, а на деле.

В 1913 году Г. А. Кожевников опубликовал статью «Монастыри и охрана природы». Соседство двух понятий, вынесенных в заглавие, не было фантазией автора. Профессор зоологии, теоретик и практик заповедного дела, он еще в 1908 году выработал тезисы, которые до сих пор служат основополагающими принципами работы заповедников. Григорий Александрович утверждал, что «важно подходить к вопросу охраны природы с широкой принципиальной точки зрения, а не смотреть узкоутилитарно».

Всю жизнь Г. А. Кожевников искал и находил самые разнообразные возможности для расширения и поддержания дела охраны природы. В числе прочего, он ясно видел и убедительно обосновал естественность и необходимость охраны природы в монастырях и силами монастырей.

**Н**о прежде чем обратиться к соображениям профессора Кожевникова, заглянем во времена еще более далекие. История русской церкви дает массу иллюстраций для нашей темы. Рай, наполненный пением птиц и благоуханием цветов, Рай, в котором мирно и благостно соседствуют человек и природа, — не он ли тот самый первый

заповедник, к идиллии которого мы все стремимся, как верующие, так и неверующие? Конечно, неверующий человек имеет полное право считать описания Рая красивой, но абсолютно беспочвенной выдумкой. Однако нет сомнений, что некоторые верующие пытались претворить ее в жизнь — как умели. Их попытки нашли свое отражение в житиях святых, которые, по крайней мере, частично основаны на реальных событиях, пусть и приукрашенных, преувеличенных последующими пересказами.

Жития свидетельствуют о доверии, возникавшем между животными и монахами. Основатель Троице-Сергиевой лавры, преподобный Сергей Радонежский (1319–1392), подал инокам пример ухода в лесные пустыни. Преподобный Сергей начал свой подвиг в полном уединении. Только дикий лес и дикие звери окружали его: «Посещали его и медведи. Один медведь целый год приходил к нему, и пустынный делился с ним последним куском хлеба, когда же у него бывал лишь один кусок, он отдавал его медведю, а сам оставался голодным, потому что зверь неразумен и не понимает необходимости терпения и воздержания».

Около двух лет прожил преподобный Сергей в одиночестве. «Слух про-



хантов, и часть территории заповедника «Лес на Ворскле» на месте Тихвинской девичьей пустыни, и одно из лесничеств Кандалакшского заповедника на Айновых островах, которыми владел раньше Трифоно-Печенгский мужской монастырь. Перечень можно продолжить.

Подобные территориальные совпадения конечно же не случайны. Достаточно привести пример Кандалакшского заповедника, созданного в 1932 году для охраны гаги. Как ни странно, он продолжил именно монастырские традиции: ведь до создания заповедника реальная охрана гаги на Белом и Баренцевом морях осуществлялась только во владениях Соловецкого монастыря в Онежском заливе Белого моря и Трифоно-Печенгского монастыря на Айновых островах Западного Мурмана.

В монастырских владениях гага стала практически домашней птицей, здесь существовало прекрасное гагачье хозяйство. Причем было все это во времена сравнительно недавние и подтверждено документально (Некрасов М.К. Опыт одомашнивания гаги в Соловецком биосаде // Живая природа, 1925, № 2,). А ведь гага птица пугливая, к соседству с человеком не склонная. После исчезновения монастырей подобные отношения с ней в нашей стране не удавались больше никому, хотя стараниями сотрудников Кандалакшского заповедника местная популяция гаги стала одной из крупнейших на территории России (см. «Химию и жизнь», 2002, № 5).

**Т**еперь, после исторического экскурса, можно вернуться и в начало XX века.

Статья профессора Кожевникова базировалась на конкретных данных — на данных, как сказали бы сегодня, социологического опроса.

В начале сентября 1913 года Русский орнитологический комитет по инициативе Б.М.Житкова разослал обращение к настоятелям русских мужских монастырей: «Русский орнитологический комитет, озабоченный выяснением вопросов об охране птиц в Российской империи, обращается с

покорнейшей просьбой не отказать в уведомлении, есть ли... в Вашем монастыре угодья, на которых воспрещалась бы охота и ловля птиц а равно и том, какое население животными и птицами находится в этих угодьях. Поручая себя молитвам монастыря, «Р.О.К.» уверен, что с Вашей помощью ему удастся выяснить необходимое для богоугодного дела защиты животного мира и выработать необходимые к тому мероприятия» Послания были направлены в 46 монастырей, ответы пришли из двадцати одного.

«Расположенные весьма часто в местах глухих и всегда имеющие земельные, в том числе обычно лесные участки, иногда весьма значительной величины, монастыри поставлены в самые благоприятные условия для устройства заповедников. Кроме запрещения охоты, можно было бы подумать и об устройстве на некоторых монастырских участках полных заповедников, в которых и растительный мир оставался бы в неприкосновенности, не подвергаясь хозяйственной эксплуатации», — пишет Г.А.Кожевников. Ответы, полученные из монастырей, показали, что большинство из них подобные инициативы поддерживает, а порой и уже осуществляет.

Так, в письме от настоятеля Соловецкого монастыря (Архангельской губернии) говорится: «Хотя во владениях монастыря на островах имеются птицы, как-то: куропатки, тетерева, рябчики, но *охота и ловля на них никогда не производится* (здесь и далее выделено автором. — А.Г.)». От настоятеля Дивногорского монастыря (Воронежской губернии) получен такой ответ: «Население птиц следующих пород: гуси, утки (разных пород), куропатки, бекасы, вальдшнепы, дупеля и др. и *охота на них мною воспрещена во всякое время года*». От наместника Веркольского монастыря (Архангельской губернии): «На всех принадлежащих Веркольскому монастырю угодьях *охота и ловля птиц безусловно воспрещена*. Призывая на столь Богоугодное дело Божие благословение, монастырь очень сожалеет, что не может быть чем-либо по-

несся о святом пустыльнике, и начали к нему собираться монахи. Собравшаяся братия умоляла святого быть наставником. Монастырь был построен. Сразу за изгородью монастыря шумел тогда нетронутый лес. Здесь люди и природа жили в согласии, следуя примеру святого подвижника».

А вот что говорится о преподобном Германе Аляскинском: «Около его келии жили горностаи. Эти зверьки отличаются своей пугливостью. Но они прибегали к преподобному Герману и ели из его рук. Видели, как преподобный Герман кормил медведя». Бесчисленное множество подобных рассказов можно найти в житиях святых. Впрочем, для тех, кто склонен считать и жития ни на чем основанной сказкой, следует привести абсолютно достоверные исторические факты, а таких фактов тоже немало.

**В**есьма примечательно, что часть современных заповедников и национальных парков располагается там, где раньше были священные языческие объекты или угодья православных монастырей. Это и национальный парк «Святые горы» на месте Святогорского монастыря, и заповедник «Малая Сосьва» в священном месте

лезным Русскому орнитологическому комитету». Настоятель Печенгского монастыря пишет: «Трифано-Печенгским монастырем с 1903 г. монастырскими людьми охраняются от охоты и ловли птиц и разорения гнезд иностранцами и жителями окрестных прибрежных мест в течение вешних и летних месяцев, принадлежащие искони Печенгскому монастырю, *Айновы острова большой и малый*».

Были, правда, и ответы, где сообщалось, что «при монастыре никаких угодий, на которых воспрещалась бы охота и ловля птиц, не имеется», но встречались и письма, в которых ощущалась искренняя заинтересованность. «Монастырю крайне бы желалось воспретить в своих угодьях охоту на птиц, но обитель не имеет возможности осуществить свои пожелания. Поставить охранную стражу нет средств, а словесное запрещение не имеет никакого значения. Привлекать же охотников к суду тоже неудобно для монастыря, ибо камера мирового судьи находится в 90 верстах от монастыря. Да и не монашеское дело судиться. Соблаговолите уведомить, какие возможно принять меры к охранению птиц, и монастырь с глубочайшей благодарностью воспользуется ими», — пишет настоятель Кожозерского монастыря (Архангельской губернии).

Обсуждая возможность создания монастырских заповедников, Г.А.Кожевников учитывал в том числе и интересы веры, старался опереться на них: «Устройство заповедника вполне согласуется с самой идеей монастыря, для которого общение с нетронутой, первобытной природой дает превосходную почву для созерцания и самоуглубления, а хозяйственная эксплуатация природы, наоборот, вводит в круг мирской суеты, от которой бежит монашествующий, соприкасает его с денежными интересами, с вопросами продажи, прибыли, наживы, столь чуждыми идее иночества. Я даже иду далее. Я полагаю, что среди иноков могут найтись такие, которые начнут присматриваться к жизни природы и делать над нею некоторые наблюдения, например, метеорологические, фенологические, т.е. наблюдения над ходом



таких явлений, как зацветание и отцветание растений, первое появление некоторых животных после таяния снега и т.п. Знакомство с естествознанием, познание природы, не должно ни коим образом считаться несовместимым с благочестивой жизнью в монастыре».

**И** надо сказать, что к моменту написания статьи, смелые, казалось бы, пожелания профессора уже иногда воплощались на практике. Среди иноков действительно (и не однажды) находились такие, которые начи-

нали «присматриваться к жизни природы и делать над ней наблюдения».

Весьма заметная фигура в истории Соловецкого монастыря — архимандрит Мелетий. Именно со временем его правления связан расцвет знаменитой Соловецкой биостанции (1881–1898). Архимандрит был прекрасным образованным и прогрессивным человеком. Он планировал вселение нескольких видов рыб в многочисленные озера Соловецких островов, разрабатывал охранные меры по отношению к гаге и всячески способствовал устройству



биологической станции на территории монастыря (см. «Химию и жизнь», 2001, № 5). Кстати, весьма красноречивый факт: Мелетий был почетным членом Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей.

А вот что рассказывает исследователь Арктики, художник Н.Пинегин, посетивший в 1909 году владения Трифоно-Печенгского монастыря на Айновых островах: «Он (монах. – А.Г.) знает наперечет все гагачьи гнезда “Этим время и коротаем; каждый раз, как из избы выйдешь, новую ея пичужью повадку узнаешь; пойдешь по острову, поищешь нет ли где нового гнездышка у «гакхи»; которая глупая застудит, новых ей от несущейся положишь; каждый раз новый обычай увидишь; верно это, к примеру посмотри, которая знает дело свое: полетела с гнезда напиться или за иным каким делом, сейчас носом пух на яйца напихнет, закроет, значит, чтобы не стыли, и удивляешься, сколько, можно сказать, понятия! — иль посмотрел бы, как тупик нору новую роет; нос, сам видал, как лопата острая; носом копает, а лапами землю выгребает, а другие смотрят кругом не прорыл бы ихнюю нору, наблюдают за своим добром!”»

Как видно из этого описания, наблюдательность монаха вполне соответствует уровню хорошего полевого орнитолога. Так что, возлагая надежды на служителей церкви, Кожевников не ошибся.

**П**рав он оказался и в прогнозе на будущее: «С ростом городов, с чрезмерным возрастанием в них шума и суеты, монастыри должны бежать из городов в глушь, в незаселенные еще дебри лесов, и там, получивши в свое владение большие участки, должны хоть часть их превратить в заповедники, сохраняя для грядущих поколений не только образец благочестивой жизни, но и нетронутую рукой промышленника первобытную природу».

Опыт сохранения первобытной природы для грядущих поколений у монастырей и в самом деле имеется. Н.Пинегин в своей статье 1909 года свидетельствует о немалой роли в этом важнейшем деле Печенгского монастыря: «Птицы до тех пор, пока не было издано в Норвегии закона (1702 г.), запрещающего истребление гаг, на островах было еще больше, чем в настоящее время; после же издания закона норвежцы стали ездить к нам на Айновы острова и выбивать гаг для пуха, не щадя и яиц. Вскоре жизнь на островах стала вымирать Печенгский монастырь, восстановленный в начале 80-х годов, начал усиленно хлопотать об

отводе в его собственность многих незаселенных мест у Мурманского берега, в том числе и Айновых островов, мотивируя последнюю просьбу главным образом тем, что гаги, предоставленные сами себе, уничтожаются без охраны и скоро совершенно исчезнут. Монастырь обещал охранять их от истребления По Высочайшему указу монастырю были отданы острова Распуганные гаги только в последние годы начали вновь селиться в более значительных количествах и с каждым годом более и более».

«Специально для устройства заповедников монастыри вполне удобны потому, что являются учреждениями прочно поставленными, обычно солидно обеспеченными и имеющими полные шансы на неопределенно долгое благополучное существование. Идея монашества, удаление от суеты и скверны мирской всегда будет иметь своих приверженцев, так как в основе этой идеи лежит высокий порыв, идеальные стремления к духовному совершенству, которые составляют характерную особенность человека и, надо надеяться, никогда не заглохнут» — так завершает свою статью профессор Кожевников. И в главном он оказался прав: идеальные стремления и высокие порывы людей не заглохли, несмотря на все перипетии российской истории, и факты свидетельствуют о том, что монастыри по-прежнему проявляют большой интерес к охране природы. Вот лишь некоторые факты.

В 1980-х годах Харьковская епархия перечислила одну тысячу рублей в Фонд охраны речки Берестовая.

Архиепископ Саратовский Пимен написал специальную проповедь «Красота природы».

Киевские священнослужители устроили экологическую тризну в знак протеста против вырубki местными властями части городского парка.

Пюхтинский женский православный монастырь в Эстонии выступил в роли спонсора тульской экологической газеты «За выживание».

Свято-Введенский Толгский монастырь проводит мероприятия по сохранению кедровой рощи. Работа выполняется с благословения архиепископа Ярославского и Ростовского Михея при непосредственной поддержке настоятельницы Свято-Введенского монастыря игуменьи Варвары.

И напоследок еще один яркий и очень показательный пример.

В 1996 году Волжско-Камский заповедник в Татарии и находящийся на его территории монастырь заключили договор о сотрудничестве и взаимопомощи. По словам директора за-



## ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

поведника Юрия Александровича Горшкова, взаимный интерес объединяет природоохранное учреждение и монастырь уже в силу исторических причин. Ведь монастырь немислим без окружающих его живописных лесов и озер, сохранением которых занимается заповедник. С другой стороны, именно благодаря монастырю уцелели старовозрастные леса, составляющие ядро Раифского участка заповедника.

А на современном этапе стало ясно, что у столь разных «ведомств» есть и другие общие интересы. Неудивительно, что настоятель монастыря архимандрит Всеволод является членом ученого совета заповедника: одно из направлений совместной деятельности — подготовка проекта создания Центра природного и культурного наследия.

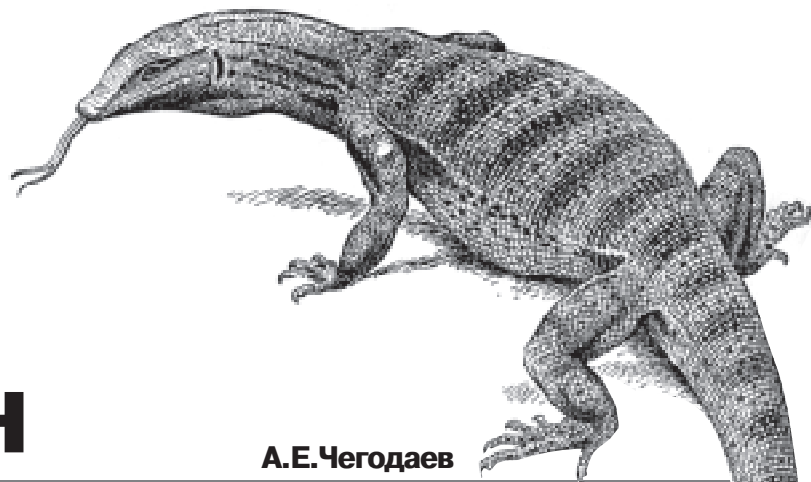
После знакомства со всеми перечисленными фактами противоречие «научного» и «святого» в деле охраны природы кажется, мягко говоря, надуманным. Вряд ли нормальный биолог согласится вместо научных исследований заняться трепетным поклонением природе как святыне. Вместе с тем тот же нормальный биолог никогда не станет без нужды истреблять живое и сделает все от него зависящее для сохранения природы.

Невозможно относиться к природе бережно и нравственно по команде, какими бы убедительными рассуждениями такие призывы не подкреплялись. А вот работа биолога, особенно полевого биолога, сама по себе способствует развитию нравственного отношения к природе, да и попросту немислима без этого отношения. С другой стороны, жизнь в единенных монастырях способствует, по всей видимости, развитию наблюдательности и внимания ко всему живому.

Так что, может быть, не стоит тратить пыл на теоретические дискуссии. Лучше проявить внимательное и бережное отношение не только к природе, но и к тем росткам взаимопонимания и взаимопомощи, которые прорастают повсюду, сами собой.



# Пустынный крокодил, или Серый варан



А.Е.Чегодаев

## История зем-зема

После того, как Россия завоевала Туркестан в конце XIX века, серый варан, он же зем-зем, или пустынный крокодил, оказался в списке имперских рептилий и попал в поле зрения русских зоологов, которые занимались изучением нового края. Они привезли первые отрывочные сведения об этой полуторамертовой ящерице. Выяснилось, что варан обитает на крайнем юге Казахстана, в Средней Азии, но не только там: его ареал охватывает Иран, Афганистан, Пакистан, весь Ближний Восток и Северную Африку. Само слово «варан» — арабского происхождения.

Систематики выделяют три подвида серого варана. Представитель номинативного подвида, варан североафриканский, *Varanus griseus griseus*, — самый миролюбивый в неволе. Герой нашего очерка, которого называют «каспийским», требует наиболее сложного ухода.

Первое, что бросается в глаза, — он отнюдь не серый. Кожа варана песочного цвета с черными поперечными полосками. Глаза яркие. В облике его есть нечто архаичное: он степенно вышагивает на почти прямых ногах — вовсе даже не пресмыкается — при этом, вполне осмысленно озираясь по сторонам, исследует воздух длинным раздвоенным языком.

Трудно поверить, что пустынники-вараны — потомки морских ящеров, мозазавров. Варанов с мезозойскими предками роднит солевая железа — она позволяет выводить избыток соли через нос, абсорбируя ее из мочи: это способ сбережения воды в организме. Среди всех современных ящериц представители семейства варанов — наиболее высокоорганизованные. И они же самые крупные. Индонезийский варан, к примеру, достигает трех с лишним метров в длину.

Как ни странно, серого варана, казалось бы хорошо изученного, многие зоологи считают «проблемным видом»:



в его биологии немало белых пятен. В частности, лишь немногие встречали молодых варанчиков. Очень трудно установить пол варана по внешним признакам; здесь мог бы помочь рентген, но из-за возможного размножения в неволе такая процедура, конечно, нежелательна.

Зато хорошо известно, что серый варан — отважный охотник, вооруженный зубами, когтями и хвостом, подобным бичу. Он пасет больших песчанок, как тигр — кабанов. Он же — бесстрашный змеелов: в меню варана входят и кобры, и полуторамертовые гюрзы, а такая мелюзга, как песчаная гадюка эфа, пауки и их ядовитые родственники, идут у него на закуску. Есть районы Средней Азии, где серый варан питается только гюрзами. Патрулируя морское побережье, он подбирает дохлую рыбу, а в предгорных ручьях превращается в краболова. Варан способен поймать и съесть даже молодого пустынного зайца-толая! Словом, он питается всем, что может поймать, — вплоть до молодых черепах и птенцов, а иногда, говорят, не брезгует и растениями.

Слюна варана содержит несильные яды, но, впрочем, не это главный его

способ обездвигнуть жертву: ее оглушает мощный удар.

Зоолог Юрий Горелов в бытность сотрудником Бадхазского заповедника в Туркмении, разработал несложный и щадящий метод изучения питания варана. Ранее для того, чтобы узнать, что ест варан, его, как, впрочем, и других диких животных, убивали, вскрывали и копались в содержимом желудка. Юрий же настигал варана, хватал его за шею и, когда тот разевал пасть, вливал в глотку воду. Накачав потомка мозазавра до сходства с футбольным мячом, его переворачивали головой вниз, держа за крепкий хвост: вода и все блюда вараньего меню легко выливались из чрева ящерицы. Животное отделяется легким недовольством, а материал для исследования был налицо, точнее, на песке.

## Федя, Вася, Доцент и прочие

В 1990–1992 годах российские исследователи — Алексей Целлариус, Вла-

димир Черлин и Юрий Меньшиков — провели несколько полевых сезонов в одном из заповедников Узбекистана, изучая экологию пустынного крокодила. Варанов отлавливали петлями и каждому ставили индивидуальную метку. Кроме того, пленников измеряли, взвешивали, фотографировали и отпускали, а впоследствии вели радиотелеметрические наблюдения. Чтобы различать животных, им дали клички: Вася, Тимур, Федя, Мафиози, Доцент и другие.

Варан очень осторожен. Наблюдатель обязан сохранять полную неподвижность — временно превратиться в куст. Удалось обнаружить удивительный факт: варан четко различает, смотрят на него или нет. Более того, эта крупная рептилия умеет становиться будто невидимой: вараны интересовались палаточным городком ученых, заходили на его территорию, но почти всегда ухитрялись не попадаться на глаза — о визитах ящериц люди узнавали с опозданием, по следам.

В природных условиях варану нужна солидная площадь: за день он проходит по пескам около десяти километров, осваивая от восьми до восьмидесяти гектаров. Как и положено хищникам, вараны — животные территориальные. Впрочем, землей владеют не все: исследователи выделили постоянных резидентов, резидентов второго порядка, которые подолгу находятся на чужой территории, но в конце концов все же ее покидают, и бродяг.

Полевые исследования показали, что вараны живут не только в песчаных, но и в глинистых пустынях, заходя в предгорья на высоту 1000 метров над уровнем моря. Повсюду они или роют собственные глубокие норы, или пользуются чужими, перестраивая по своему усмотрению доставшиеся в наследство жилища грызунов и черепах. Ход норы может достигать шести метров, а ее глубина превышает глубину промерзания почвы, то есть более двух метров.

После того как однажды во время раскопки норы нашли остатки скорлупы яиц, стало ясно, что самка варана откладывает яйца примерно в метре от поверхности. На этой глубине довольно влажно, а склоны прогреваются наиболее интенсивно. За годы исследования удалось найти три выводка молодых варанчиков: после вылупления они остаются в гнездовой камере и выходят на поверхность лишь следующей весной, уже вполне взрослыми, поэтому мало кто встречал варанов-подростков.

Природа приоткрыла исследователям и другую тайну: они увидели ритуальный поединок серых варанов. О подобных зрелищах не раз рассказы-

вали зарубежные коллеги, изучавшие варанов Африки, Юго-Восточной Азии и Австралии. Серые вараны борются, обхватив друг друга передними лапами и свившись туловищами подобно змеям.

## Варанья напасть

Серый варан в своей дремотной Средней Азии и не предполагал, что в Советском Туркестане с него станут сдирать шкуру, причем в прямом смысле этого слова. Гонениями на варанов ознаменовались роковые тридцатые годы. Порой в год заготавливали до двадцати тысяч его шкурок! Герпетолог О.П.Богданов отмечал, что на станции Карабат (Туркмения), где велись интенсивные заготовки, эти ящерицы убежали при виде человека на расстоянии ближе пятидесяти метров даже спустя много лет!

Врядли советские люди в 30–50-е годы щеголяли в туфлях из кожи варана — возможно, сырье для кожевенной промышленности шло на экспорт. Как бы то ни было, варан оказался уязвимым видом и попал в Красную книгу Международного союза охраны природы. На грань исчезновения его поставила не только охота, но и хозяйственное освоение пустыни, а также неумеренный отлов для зоопарков и лабораторий: за рубежом ценили не только вараны шкуры, но и живых ящериц. Варан не может жить на пахотных полях, хлопковых плантациях и рядом с поселками — там его нещадно истребляет местное население, считая, что эта ящерица сосет молоко у скота.

Зем-зем уходит от человека подальше в пустыню, но ныне барханы и солончаки перерезаны асфальтированными трассами, и редкий водитель удерживается от соблазна переехать варана, когда тот переходит дорогу. Нелегко варану приходится и в лабораториях. Медики и физиологи буквально соревнуются, доискиваясь до секретов его «неуязвимости», — как выяснилось, среди позвоночных животных варан наиболее устойчив к радиоактивному излучению. Однако до недавнего времени никто не воспользовался ущербом, нанесенный природе, получив кладку и вырастив потомство хотя бы у одной пары серых варанов в зоопарке.

## Шампунь для пустынного крокодила

Нетривиальный подход к содержанию этих животных лет тридцать назад применили в Ленинградском зоопарке. Вот что рассказывает террариумистка Валентина Иголкина.



### ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

«К сожалению, эти редкие ящерицы обычно гибнут в неволе, не прожив и двух лет, хотя при правильном содержании они живут от восьми до семнадцати лет. Вараны очень требовательны к режиму температуры: по нашим наблюдениям, лучше всего они себя чувствуют при +32°C.

Среди террариумистов распространено мнение, будто вараны не очень-то нуждаются в воде, потому что пьют только в период линьки. На самом деле вода им совершенно необходима, чтобы при желании они могли испугаться. А желание такое у варанов возникает часто: в нашем террариуме при температуре +29–32°C они заходят в воду по пять раз в день. Полевые исследования свидетельствуют: это пустынное животное неплохо плавает, ныряет и любит подолгу нежиться на мелководье.

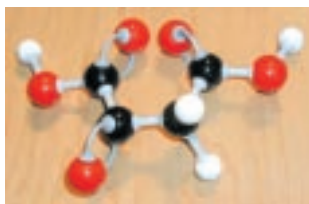
Стоя по брюхо в воде, варан то сосредоточенно скребет лапой по дну, то, наполовину погрузив в воду голову, трет ее о стенки, то вдруг, словно вспомнив о чем-то, покидает водоем и начинает ползать по клетке, усердно собирая хвостом и брюхом песок — так он по-новому метит территорию. Убедившись: все, что могло к нему прилипнуть, прилипло, варан величавой поступью дракона направляется к воде и с размаху плюхается в нее, наполнив водоем песком. После купания, подобрав брюхом остатки песка с пола, варан на некоторое время затихает.

Варанов к категории чистоплотных животных отнести нельзя. Поэтому приходится их регулярно мыть. Намыленного детским мылом и оттертого щеткой варана, придерживая за хвост, опускают в бассейн, где он и полощется. Эти ванны благотворно влияют на процесс линьки, который проходит за 15–20 дней, тогда как в неблагоприятных условиях линька может затягиваться на полгода. У нас в зоопарке вараны линяют не чаще трех раз в год».



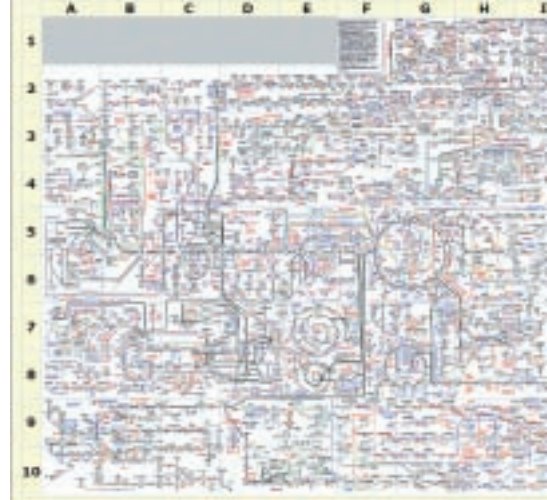


# Малые молекулы организмов



Оксалоацетат

## 2 Схема метаболических путей



Организм иногда сравнивают с водоворотом: в него впадает поток веществ, крутится, бурлит, затем покидает его, но сам организм при этом остается почти неизменным. Дополним эту метафору. На дне реки из песка формируются барханы, а в водовороте организма из веществ образуются структуры: оболочки клеток, механические волокна, кости, связки, пузыри, трубки, перегородки. Они могут быть твердыми или эластичными, возникать на короткий срок или на всю жизнь. Как правило, структуры образуются из полимеров. А между ними, словно человек среди небоскребов, снуют неисчислимы малые молекулы — органические вещества с небольшим молекулярным весом. Одни попадают в водоворот организма, чтобы разрушиться, окислиться и отдать свою энергию; другие служат сырьем для строительства полимеров, а третьи становятся незаменимыми компонентами сложного хозяйства тела.

Небольшие органические молекулы заявили о себе цветом, вкусом и запахом задолго до возникновения химии, а уж когда химики принялись исследовать животных и растения, открытия пошли одно за другим. Кислоты, например, выделяли из плодов (яблочную, лимонную), листьев (щавелевую), янтаря (янтарную), скисшего молока (молочную). В идентификации и исследовании органических веществ применялись уже не только их органолептические свойства, но и возникшие в XVIII веке методы химического анализа.

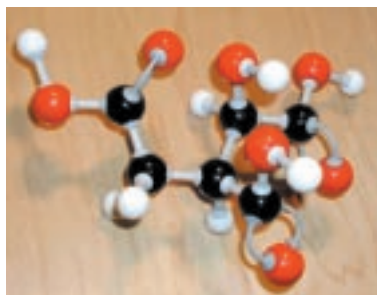
Разнообразные сочетания шести элементов (водорода, углерода, азота, кислорода, фосфора и серы) и добавки некоторых других (йода, селена, кремния) создали огромный мир малых молекул. Химики принялись классифицировать их, строить в ряды по сходству, узнавать характерные реакции, выяснять структуру; научные журналы и учебники заполнились формулами и описаниями углеводов, спиртов, альдегидов, кетонов, органических кислот, аминов и множества других соединений. При этом химикам-органикам были одинаково интересны и вещества живых организмов (в том числе углеводы, аминокислоты и их производные, эфирные масла, алкалоиды, пурины,

пиримидины, терпены), и то, что получалось из них в опытах, — какие-нибудь хлор-, бромпроизводные.

Химики выработали замечательный взгляд на молекулы органических веществ. Сейчас само собой напрашивается сравнение с конструктором: молекулы строятся из деталей и блоков. На скелет из атомов углерода (иногда в него входят также атомы азота или кислорода) навешиваются функциональные группы: гидроксильные, карбонильные, карбоксильные, аминные и прочие. Блочный принцип строения позволяет из небольшого набора атомов получить невообразимо много молекул с различными свойствами (см. рисунки). У них могут изменяться размеры, гибкость, заряд (в определенной среде), летучесть, способность растворяться в воде или жирах, реагировать или не реагировать с другими компонентами.

Даже самые маленькие молекулы построены и используются со смыслом: фундаментальное для биологии соответствие структуры и функции проявляется себя. На это не всегда обращают внимание, поэтому приведем два явных и уже классических примера. Первый описан фразой, взятой из знаменитого учебника Альберта Ленинджера: «Длинная липоиллизиновая боковая цепь дигидролипоилтрансацилазы действует как поворотный кронштейн при переносе электронов от пируватдегидрогеназы к дигидролипоилдегидрогеназе» (рис. 1). (Кстати, в этом предложении видно, что громоздкие слова биохимиков отчасти воспроизводят блочную структуру их объектов.) Еще пример: две фосфатные группы на концах молекулы фруктозодифосфата несут большие отрицательные заряды и буквально разрывают молекулу на две части с выделением энергии.

Работа по выявлению и описанию малых молекул организма не закончилась и сегодня, в эпоху геномики и протеомики. Химиков, работающих с ве-



Изоцитрат



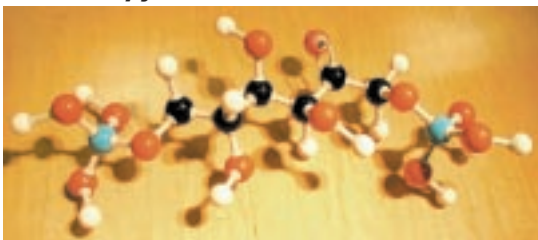
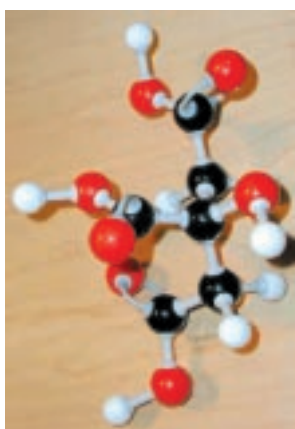
ществами живого (они сейчас нередко называют себя биоорганиками), до сих пор согревает надежда — найти новое, необычайно эффективное лекарство в каком-нибудь экзотическом животном или растении. В прошлом такая надежда нередко оправдывалась. Выделенные из живых организмов хинин, дигоксин, стрихнин, камфара, резерпин, адреналин, кофеин, папаверин, пилокарпин и десятки других веществ облегчили жизнь многих страдальцев, а некоторые даже спасли от немедленной смерти.

Ученые по-прежнему снаряжают экспедиции в джунгли за таинственной негритянской травой или в глубины океана за неизвестными науке червями, однако полезные вещества находят и в давно известных организмах — например, в полыни недавно обнаружили артемизин. Препаратом из этого растения древние китайцы лечили малярию, а современные фармакологи надеются победить рак.

В список низкомолекулярных соединений, выделенных из организмов, входят уже десятки тысяч названий. Однако понять, как одни получаются из других, было сложнее, чем выделить и описать сами эти вещества. В конце XVIII века Антуан Лавуазье догадался, что глюкоза и некоторые другие соединения в организме млекопитающих окисляются, образуя углекислый газ и воду. Он определил два из многих исходных и конечных пунктов на схеме превращений, но не имел возможности обнаружить точки, лежащие между ними (как сказали бы двести лет спустя, «в черном ящике»). В 1857 году Клод Бернар открыл один важный промежуточ-



Фруктоза



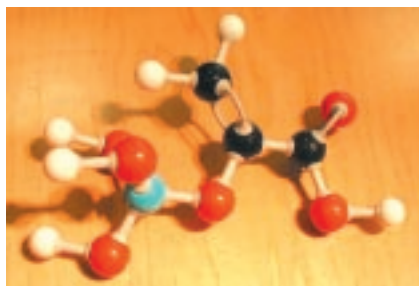
ный процесс: глюкоза в организме человека не только сгорает, но и превращается в полимер, похожий на крахмал, — гликоген. Луи Пастер в 1860-е годы доказал, что дрожжи в отсутствие кислорода перерабатывают сахар в спирт — то есть нашел еще по одному начальному и конечному пункту того же, в целом, маршрута. Зная формулы исходных и результирующих веществ, можно было придумать множество вариантов промежуточных превращений. Какие же из них реализуются?

Реакции живых клеток начали исследовать в XX веке. Эдвард Бюхнер в 1897 году открыл, что превращения углеводов происходят и в бесклеточном экстракте дрожжей, а не только в целостном организме. С этого и началась биохимия и ее важнейшая часть — выделение индивидуальных ферментов и изучение отдельных реакций.

Долгое время из водоворота реакций выуживали, при известной удаче, лишь одиночные. А затем на очередь встала задача: определить их последовательности. Исторически первым подробно исследованным путем метаболизма стал гликолиз — в нем сахара разлагаются до небольших трехуглеродных молекул молочной кислоты. Этот путь обнаружился в таких непохожих процессах, как спиртовое брожение в дрожжах (в них, на радость человечеству, еще одна дополнительная реакция превращает молочную кислоту в спирт), молочнокислое брожение и окисление глюкозы в мышцах.

Некоторые вещества (например, соединения мышьяка, йодацетат) проявляли себя как яды: когда их добавляли к дрожжам или мышечным клеткам, те погибали. При этом исходное вещество расходовалось, конечное не образовыв-

Цитрат



Фосфоенолпируват



## МОЛЕКУЛЫ ЖИЗНИ

валось, и еще какое-то накапливалось. Из этого делали вывод, что яд перекрывает какой-то путь, как запруда перекрывает реку. В середине XX века вещества научились метить радиоактивными изотопами — это помогало понять порядок превращений.

В поисках был обнаружен особый тип малых молекул, которые в реакциях не расходовались, сами их провести не могли, но были необходимы для протекания метаболических превращений. Оказалось, что они постоянно или временно соединяются с ферментами и помогают им работать, из-за чего такие молекулы назвали коферментами. Выяснилось, что многие из них — производные витаминов.

Параллельно биохимии учились выделять ферменты и изучать их свойства. Зная активность фермента и некоторые константы, они могли построить кинетическую модель и грубо оценить скорости реакций в клетке.

Постепенно раскрывалось многообразие типов обмена. Свои особенности обнаружили у бактерий, грибов, растений, животных. К знакомым веществам примыкали новые реакции, в которых эти вещества расходовались или возникали. На схемах получались перекрестки, пути соединялись в сети, сети росли. Обмен углеводов объединялся с обменом аминокислот, жирных кислот, пуринов, пиримидинов и прочих компонентов жизни, так что на глазах исследователей вырастал новый мир.

Мир этот очень сложен — достаточно посмотреть на карту метаболических путей (рис. 2). Однако на этой карте видно не все. Она напоминает схему города, на которой отмечены дороги, но не показано, сколько по ним едет машин и с какой скоростью (сколько какого вещества присутствует в клетке в данный момент и как быстро они превращаются). Для клетки каждого типа нужна своя карта, для каждого вида организмов — свой набор карт. При этом типов клеток в организме десятки, видов живых существ — миллионы. В общем, то, что нам показывают, — это типовой проект реакций.

В путанице реакций были попытки найти порядок и красоту. А.Г.Малыгин предложил схему, учитывающую симметрию молекул и их преобразований.

Н.Н.Мушкамбаров разработал нечто вроде алгебры реакций. В самом деле, есть реакции прямые и обратные, отщепления и присоединения, обмена функциональными группами, напоминающие операции в абстрактной алгебре.

Обычные метаболические карты выделяют главные пути с наибольшей физиологической значимостью и наибольшим количеством проходящих по ним веществ. Даже начинающие биохимики должны знать гликолиз, расщепление жирных кислот, цикл трикарбоновых кислот, реакции образования аминокислот, цикл мочевины, пентозофосфатный путь и еще несколько последовательностей превращений.

Еще на схемах показывают пути регуляции реакций. Живой организм точно реагирует на внешние условия. При необходимости в ответ на сигналы молекул-регуляторов в нем начинают образовываться новые вещества или изменяться содержание постоянных. В другое время понадобятся другие соединения. На примере биохимических реакций легко можно проследить главные понятия кибернетики, в том числе положительную и отрицательную обратную связь: в первом случае последнее вещество из цепочки превращений ускоряет путь, а во втором — замедляет. Есть в клетке и усилительные каскады, и циклы. А кроме того, в организме малые молекулы не только участвуют в реакциях: они обратимо присоединяются к различным структурам клетки с помощью слабых связей, всасываются, распределяются в тканях, переносятся жидкостями, выделяются наружу.

Множество маленьких молекул помимо больших, полимерных, образует наши тела и тела других существ. Их разнообразие неимоверно велико; их превращения в глубинах клеток — та питательная среда, из которой вырастают листья и корни, кожа и мышцы, внутренние органы и внешние украшения бактерий и грибов, растений и животных. Эти вещества придают животным и растениям окраску, запах и вкус, с их помощью организмы общаются, ими постоянно обмениваются, формируя облик биосферы и скрытые механизмы ее жизни.

М.Литвинов



# Длиннохвостые соседи



*На кафедре физиологии биологического факультета МГУ крыс любят все. А коллекции экспонатов на тему крыс и мышей завидует даже знаменитый музей города Мышкина*

## По одежке встречают

Любить крыс человеку вроде бы не за что. Спросите у любой женщины, что ей больше всего не нравится в крысе, и 99 из 100 ответят не задумываясь — длинный, голый, противный хвост. Дался им этот хвост! Вон у самого-то человека голое, плоское, противное (с точки зрения крысы) лицо: наверняка большинству животных этот чудак, зачем-то вставший на задние лапы, вовсе не кажется симпатичным — в том числе и диким серым крысам.

Да уж больно много всяких съедобных отходов оставляет вокруг себя человек. Так зачем же искать пищу с риском для жизни где-нибудь в джунглях, если можно прекрасно прокормиться, поселившись рядом с ним? И удивительно ли, что серые крысы всегда старались держаться к человеку поближе?

Между тем, став нахлебниками людей, крысы, хотя и совершенно нечаянно, доставляют им множество неприятностей. Во-первых, они съедают массу продуктов, запасенных человеком для себя, и еще больше портят. Во-вторых, крысы — переносчики целого ряда возбудителей болезней человека, в том числе и таких страшных, как чума: ведь это животное болеет чумой не в острой форме, как человек, а хронически. Больной грызун живет долго, а потому иногда успевает передать возбудителей «домохозяину» — человеку (см. «Химию и жизнь» 2002, №2). Ну и в-третьих, крысы все чаще становятся причиной крупных аварий и катастроф на производстве: они могут легко перегрызть изоляцию кабеля высокого напряжения, вызвав тем самым пожар, или, того хуже, повредить провода, по которым идут импульсы, управляющие, скажем, атомным реактором. Так что голый хвост — это далеко не самое неприятное в серых грызунах.

Если же все-таки вернуться к хвосту, то голый хвост крысе просто необходим, поскольку потовых желез у нее нет, а отдавать в окружающее пространство излишки тепла как-то нужно. Кроме того, хвост играет роль балансира и помогает крысе лазать, а лазают они прекрасно.

## На войне как на войне

Так что же теперь с крысами делать? Уничтожать?

Этим неблагодарным делом человечество занимается более двух тысячелетий, а крыс вокруг нас меньше не стало. В любом современном мегаполисе их больше, чем людей, просто они не желают показываться нам на глаза. Причем известны этих грызунов (во всяком случае, при современном состоянии науки) вред ли возможно.

Дело в том, что крысы всеядны и могут выжить, питаясь, в прямом смысле слова, чем угодно. Кроме того, они невероятно плодовиты. После трех недель беременности самка может произвести на свет до 18 детенышей (хотя обычно их бывает по 10–15), да к тому же она приносит по 4–5 пометов в год. Детки становятся половозрелыми в три месяца и тоже начинают участвовать в размножении, так что через полгода в крысином сообществе бок о бок уже сосуществуют беременная бабушка и десятки ее беременных внуков.

Ну и, помимо всего прочего, крысы очень умны — независимо от того, что думают по этому поводу люди. В крысиных стаях существует разделение ролей и строгая иерархия, причем лидеры управляют своими подданными мудро и строго. Например, крысы







## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

не набрасываются на новую еду все разом: ее проверяют несколько особей, и остальные крысы могут приняться за трапезу только после того, как убедятся, что «испытатели» живы и здоровы. Поэтому избавиться от грызунов при помощи ядов с быстро развивающимся эффектом невозможно: в массе своей крысы просто не будут есть отраву, в какую бы вкусную приманку не добавляли яд.

Очень показателен эксперимент, демонстрирующий, как крысы могут передавать друг другу информацию. Зверька сажают в клетку с двумя поилками: в одной из них простая вода, а в другой — сладкая. Практически любая крыса предпочитает подслащенную воду, и пьет именно ее. Но когда животное привыкает пить из «сладкой» поилки, в воду начинают подмешивать соли таллия.

Эти соединения не обладают ни вкусом, ни запахом, но очень токсичны: таллий нарушает работу ферментов, в состав которых входят двухвалентные ионы. В первую очередь страдают почки и центральная нервная система, нарушается образование кератина в волосяных луковицах, что приводит к выпадению волос. Дозу отравы подбирают таким образом, чтобы добиться медленного хронического отравления крысы.

Может быть, человек в таких условиях и допился бы до смерти, так и не поняв, в чем дело, но крыса быстро соображает, где именно содержится яд. Она тут же переходит на простую воду, а к «сладкой» поилке даже не подходит. Постепенно животное выздоравливает, и тогда к нему подсаживают «квартиранта» — еще одну крысу.

Крыса-абориген, естественно, главнее. И для начала она дает пришельцу хорошую взбучку — таковы уж правила крысиного общежития. Но вот что удивительно: продемонстрировав, что в доме хозяин, первая крыса силой не подпускает вторую к поилке со слад-

кой водой, как бы подсказывая, что эта вода опасна.

Со временем «пришелец» и сам перестает стремиться к сладкой воде, и вот тогда первую крысу убирают из клетки. Ей на смену сажают другую, не имеющую жизненного опыта ни первой, ни второй. Теперь уже хозяйкой чувствует себя вторая крыса. И, как ни странно, она тоже не дает новичку пить сладкую воду, хотя сама ее даже не пробовала и не знает, в чем опасность. Тем не менее крыса помнит, как ее очень недвусмысленно предостерегли, и добросовестно передает эту информацию другим крысам, не стремясь испытать всего на собственной шкуре.

В общем, крысы прекрасно обучаются и могут запомнить важные для себя ситуации с первого раза, совсем как человек. Вот и попробуйте справиться с такими существами!

### Индивидуальность — не порок

Как видим, общественная организация позволяет крысам успешно бороться за выживание, и отчасти именно благодаря ей крысиный род до сих пор не пресекался. Но крысиная стая — это все-таки не муравейник, где все роли расписаны раз и навсегда. Это очень гибкое сообщество, оно легко приспосабливается к переменам: крысам, как



и людям, присуща ярко выраженная индивидуальность. Даже родные братья и сестры из одного помета порой очень сильно отличаются друг от друга по характеру и темпераменту.

Например, среди крыс есть добрые и злые, в чем исследователи убедились в ходе эксперимента. Рядом поставили две клетки, в каждой — по одной крысе. У каждого зверька есть поилка, кормушка, домик, однако на этом совпадения заканчиваются. Когда крыса в первой клетке заходит в свой домик, замыкается реле, и животное невольно подает электрический ток на пол второй клетки. Ток этот слабый, но он вызывает у второй крысы очень неприятные ощущения, и она начинает с воплями прыгать по своей клетке.

Вот тут-то и выяснилось, что, получив «право казнить или миловать», разные крысы ведут себя совершенно по-разному. Одни из них, поняв, в чем дело, быстро выскакивают из своего уютного домика и стараются в него не заходить, чтобы не доставлять страданий соседке. Другим чужие проблемы безразличны, и они проводят в домике столько времени, сколько им хочется, не обращая внимания на то, что рядом мучается другое существо. И наконец, хоть и редко, встречаются крысы-садисты. Уяснив себе причину чужих страданий, они проводят в своем домике даже больше времени, чем раньше, до опыта: сидят себе в укрытии и с удовлетворением наблюдают, как соседка скачет по полу, находящемуся под напряжением.

В общем разные крысы ведут себя по-разному, но все они быстро понимают связь между причиной и следствием: в данном случае — между своим пребыванием в домике и чужими страданиями. Экспериментаторы прекрасно знают, что смекалки крысам не занимать, знают, что эти животные находят ей порой удивительное и непредсказуемое применение. Почему же многие люди думают, что крысы не



*Эти крысы, сидящие в домиках, испытывают новый обезболивающий препарат: некоторые из них получили лекарство, а другие служат контролем. Через несколько минут их хвосты погружают в воду критической температуры +53°C. Те, кому будет больно, хвост из воды тут же вытаскивают, и тогда станет ясно, сработал препарат или нет*

очень умны? Наверное, дело в том, что человек считает умными только тех животных, которые охотно идут с ним на сотрудничество, признают его величие и главенство. Потому-то, видимо, очень умными считаются собаки.

Но хотя собаки и вправду умны, крысы ничуть не глупее. Просто дикие крысы не желают набиваться в приятели (и тем более в подчиненные) к огромному, придурковатому, шумному, глухому существу без обоняния — а именно таким существом и кажется им человек. У самих-то крыс органы чувств развиты прекрасно, особенно обоняние и слух. Зрение, конечно, слабовато, но крысы — ночные животные, и глаза для них совсем не главное.

И все-таки даже с дикими крысами можно подружиться. Для этого целесообразно взять новорожденного крысенка и самому выкормить его. Лучше выбрать маленькую самочку — они (как, впрочем, у всех млекопитающих) умнее, преданнее и чищепопнее, чем самцы. Крысы — животные стайные и в отсутствие сородичей переносят свою любовь и верность на человека.

Через три-четыре недели вы будете хозяином красавицы или красавца весом 400–600 граммов с чистойшей, шелковистой шерстью. В клетке, особенно у самок, всегда порядок: есть спальня, столовая, туалет. Даже если крысу выпускать, спать она будет возвращаться в клетку.

Многие крысы, особенно самцы, считают себя «солдатами» и трогательно защищают своего хозяина от чужих людей. Между крысой и хозяином возникает связь, которая пока не очень хорошо изучена: иногда зверек за несколько минут предчувствует возвращение хозяина домой, а уж по шагам или голосу в телефонной трубке он распознает его всегда.

Если у вас есть собака, то маленькая крыса легко к ней привыкает и иногда перенимает собачьи повадки.

## **Мы с тобою так похожи**

Впрочем, даже тот, кто не способен полюбить крысу и предпочитает держать дома кошку, все-таки должен признать, что люди кое-чем обязаны этим грызуну. Ведь крысы — довольно близкие «эволюционные родственники» человека. И совсем не случайно все лекарства, создаваемые современными фармакологами, проходят предварительные испытания на животных, среди которых крысы занимают почетное место.

Если испытываемое вещество вызывает у крысы какие-то неблагоприятные побочные эффекты, то с очень большой вероятностью такие же нарушения в работе организма будут наблюдаться и у человека. Конечно, можно возразить, что обезьяны ближе к человеку, чем крысы, и лучше бы проводить испытания на них. Но тут уж настанет черед экономических расчетов: сравните цену небольшого грызуна и обезьяны, стоимость их содержания, примите во внимание проблемы, которые могут возникнуть при экспериментальной работе с животными обоих видов, — и вам сразу все станет ясно. А выигрыш получается очень небольшой: у крыс, обезьян и человека были общие предки, причем довольно близкие.

Вот почему безопасность потенциальных лекарств проверяют именно на крысах. Благодаря этим животным у специалистов есть возможность оценить, не токсично ли испытываемое вещество при однократном введении больших доз, не ведет ли оно к неблагоприятным последствиям, если применять его многократно. Можно

выяснить, не вызывает ли потенциальное лекарство мутаций или нарушений в развитии плода. Кроме того, физиологические особенности крысы позволяют проверить, не создает ли данное соединение физическую зависимость, то есть узнать, не является ли оно наркотиком.

В общем, специалисты внимательно изучают воздействие потенциальных лекарств на все системы организма крысы: сердечно-сосудистую, эндокринную, выделительную, пищеварительную и другие, и если что-то не в порядке — сразу бьют тревогу.

Правда, в последнее время исследователи все чаще предпринимают попытки заменить эксперименты на животных компьютерным прогнозом. Что ж, современный фармакологический эксперимент без компьютера и в самом деле уже немислим. Но оценка и прогноз течения любого процесса в организме заданы компьютеру человеком, исходя из его, человека, знаний. А кто может быть уверенным, что мы знаем и учитываем все?

К счастью, ни одна фармацевтическая фирма не отказалась, да и не может отказаться по закону, от экспериментов на животных. Но компьютерный прогноз может помочь в другом: если работа правильно спланирована, животное не страдает, как не страдает пациент, которого правильно лечит добросовестный врач.

Неудивительно, что у экспериментаторов и подопытных животных складываются порой совсем неплохие отношения. Во всяком случае, на кафедре физиологии человека и животных МГУ экспериментаторы берут крыс без перчаток и случаи укусов бывают исключительно редко. Разве что кто-то по неопытности схватит поперек живота беременную самку — но тут уж, как говорится, сам виноват.

В создании нового лекарства всегда участвуют животные нескольких видов: мыши, морские свинки, кролики, собаки, однако на первое место все-таки надо поставить крыс. Конечно, в опытах используют не диких грызунов, а животных-альбиносов, специально размножаемых в питомниках. Они гораздо миролюбивее своих диких сородичей, и работать с ними проще. Более того, сейчас путем отбора выведены линии крыс, которые с молодости имеют функциональные нарушения, нередкие и у людей: есть крысы-гипертоники, крысы-эпилептики. Выведены линии особо умных, глупых и эмоциональных животных. Опыты на них позволяют испытывать новые лекарства исключительно надежно, и никакие компьютерные программы пока не способны заменить крыс — главных помощников фармакологов.



## и учиться любим тоже!

Но и это еще не все: похожи не только физиологические особенности крысы и человека — даже поведение крыс и людей, в основных своих чертах, различается очень мало, что экспериментаторы тоже активно используют.

На кафедре физиологии человека и животных биологического факультета МГУ уже много лет исследуют, каким образом воздействуют на физиологические процессы и поведение крыс так называемые регуляторные пептиды.

Регуляторные пептиды — небольшие белковые молекулы. Их вырабатывают практически все ткани организма, а эти молекулы, в свою очередь, способны «вмешиваться» во все процессы жизнедеятельности. Регуляторных пептидов много. Одни из них влияют преимущественно на работу центральной нервной системы, другие на сердечно-сосудистую, третьи — на иммунитет и так далее. И все-таки характерная черта регуляторных пептидов — их полифункциональность: одна и та же молекула может влиять на несколько физиологических систем одновременно.

Медикам очень хотелось бы заставить регуляторные пептиды работать на благо организма, создать на их основе новые лекарства. Ведь эти вещества действуют в необычайно малых дозах и не вызывают (в силу того, что для организма они вовсе не чужие) неблагоприятных побочных эффектов. Однако воздействие каждого пептида сразу на несколько функциональных систем затрудняет изучение и понимание механизмов работы таких молекул.

Если бы не крысы, подобраться к решению задачи было бы невероятно сложно. Именно они стали основными подопытными животными, когда ученые из Института молекулярной генетики РАН и с кафедры физиологии человека и животных МГУ создавали семакс — эффективный стимулятор обучения и памяти на основе регуляторного пептида. Сейчас препарат используют не только как стимулятор: семакс широко применяют для восстановления функций мозга при различных патологиях, возникающих, например, при инсультах, в результате пост-реанимационной болезни, после тяжелых наркозов.

Как же исследовать обучение и память у крыс? Приемов несколько, и выбор зависит от того, какие именно процессы обучения мы собираемся изучать. Например, можно использовать методы с так называемым положительным подкреплением, когда за правильное поведение в опыте крыса получает пищу.

Вот один из приемов, который используют экспериментаторы. Животное помещают в стартовую камеру лабиринта и дают три минуты на поиск пищи. Такую задачу перед крысой ставят по пять раз на дню в течение нескольких суток, наблюдая за тем, кто из крыс быстрее обучается поставленной задаче и выполняет ее без ошибок: те, которым предварительно давали лекарство, или контрольные животные, получившие «пустышку».

Надо сказать, крысы любят участвовать в таких экспериментах. Во-первых, в клетке сидеть скучно, а тут дают побегать по лабиринту. Во-вторых, если бегать с умом, то еще и что-нибудь вкусненькое получишь.

Однако обучение с пищевым подкреплением подходит не для каждого опыта. Ведь оно имитирует ситуацию, когда пациент, получающий лекарство, находится в хорошем настроении, в спокойной обстановке, а так, к сожалению, бывает далеко не всегда.

Вот почему стимуляторы обучения обязательно испытывают и в опытах с отрицательным подкреплением. В таких экспериментах крысу учат избегать чего-то неприятного, например слабого удара электрическим током. Для этого животное помещают в камеру с решетчатым металлическим полом, которая состоит из двух отсеков: один ярко освещен, а другой затемнен. Крысу сажают в освещенный отсек, а поскольку любая нормальная крыса предпочитает темноту, она быстро переходит в другую часть камеры. В этот момент на пол темного отсека подают слабое напряжение, вызывающее у крысы неприятные ощущения.

После «обучающего сеанса» животное оставляют в покое на несколько дней, а затем опыт повторяют. Если крыса хорошо помнит, что с ней произошло в прошлый раз, то она или совсем не пойдет в темный отсек, или пойдет, но не сразу. По времени задержки в светлом отсеке можно количественно оценить, насколько хорошо крыса помнит то, что произошло с ней несколько дней назад в аналогичных условиях. Если до начала опытов ввести некоторым подопытным крысам исследуемое вещество, можно будет определить, улучшает оно память или нет.

Конечно, описание методов, которое здесь приводится, сильно упрощено. Количественная оценка памяти крыс совсем не такое уж простое дело. Ведь крысы, как мы уже упоминали, могут сильно отличаться друг от друга и по поведению, и по своим физиологическим особенностям. С одной стороны, это означает, что необходимо проводить массовые эксперименты — на десятках и сотнях животных, что, ко-



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

нечно, и трудоемко, и дорого. Но с другой стороны, только такие эксперименты и гарантируют, что индивидуальные особенности пациентов, для которых трудятся ученые, будут приняты во внимание разработчиками новых лекарств.

## Нужно ли быть богом?

Ну и как нам все-таки относиться к крысам? Кто они — прожорливые всеядные твари и переносчики болезней или же трогательные домашние животные и помощники ученых?

Наверное, дать однозначный ответ все-таки не получится. А кроме того, как бы ни относился к крысам каждый из нас, человек не имеет права решать судьбу других видов. Любое, казалось бы, бесполезное, несимпатичное человеку животное находится в таких сложных взаимоотношениях с другими живыми существами, что может оказаться просто необходимым и биосфере в целом, и нам с вами в частности. Другое дело, что в силу своей биологической малограмотности человек может об этом не подозревать.

А потому самое разумное — отгородиться от диких крыс, насколько это возможно, но не предпринимать против них крестовых походов. Тем более что такие действия изначально обречены на провал.

Если же длинный голый хвост вас не смущает и есть желание подружиться с одним из грызунов, рядом с вами появится чистоплотное, умное, преданное существо, которое к тому же научит вас лучше понимать своих соотечественников.





**Г.С.Ерёмкин,  
В.А.Никулин**

Московское общество  
испытателей природы



## Как растёт филиненюк?

**Ф**илин — одна из самых редких птиц Подмосквья: сейчас на территории области живет всего несколько пар этого вида. Однако если вам повезет оказаться в том самом месте, где обитают филины, обнаружить их присутствие не так уж трудно. Ночью птицы громко кричат, демонстрируя редкое для сов разнообразие репертуара. Но крикливы они лишь до тех пор, пока не начнут насиживать кладку.

С 1995 года мы регулярно наблюдаем за парой филинов, облюбовавшей смешанный лес у границы Волоколамского и Лотошинского районов. В 2003 году здесь впервые удалось найти птенца редкой птицы. Обнаружить его было непросто: пополнение в семействе заставило взрослых филинов вести себя тихо, и, даже находясь всего в нескольких десятках метров от гнезда, трудно было заподозрить, что они рядом. Да и птенец, словно что-то понимая, тоже не нарушал тишину.

Как и другие совы, филины не строят собственных гнезд, но зато мастерски выискивают места, подходящие для гнездования. А подходит им и расщелина в скале, и уступ на речном обрыве, и песчаная осыпь. Дупло, слом ствола, большое гнездо, брошенное дневными хищными птицами, углубление у комля дерева (особенно если оно прикрыто нависающими ветками), наконец, просто ямка в земле, расположенная под упавшим стволом, а иногда и на открытом месте — все это вполне может привлечь филинов.

На первый взгляд общего у этих мест не так уж много, но все становится ясно, если учесть, что, по мнению специалистов, филины в ходе эволюции формировались как горные птицы. Скалы же обычно изобилуют неровностями, и потому любое углубление, если в него можно хоть как-то забиться и, используя покровительственную окраску, слиться с окружающим фоном, филины воспринимают как место, подходящее для гнездования. И все-таки, несмотря на простоту конструкции, гнездо филина хорошо замаскировано. Наткнуться на него случайно, не зная точного местоположения, практически невозможно. Чтобы запеленговать нужный район, нам пришлось всю весну слушать ночные крики птиц с компасом в руках: только во время откладывания яиц филины кричат у своего будущего гнезда, и было очень важно не пропустить последние звуки перед затишьем.

**В** начале июня мы разыскали гнездо. Азимут, определенный весной, оказался весьма точным, и нам, к счастью, не пришлось долго блуждать по лесу, причиняя филинам лишнее беспокойство. Взрослая птица (насиживает яйца, как правило, самка) подпустила нас метров на пять, а потом слетела. Это порадовало. Ведь если бы она стала тревожиться у гнезда, щелкать клювом и демонстрировать позу угрозы, нам пришлось бы немедленно уйти: после сильного стресса филины могут бросить кладку. Однако человек в этом лесу — гость не редкий, и наши филины, похоже, успели привыкнуть к тому, что поблизости то и дело появляются люди.

Оказалось, что гнездо устроено в естественном углублении, ограниченном комлем небольшой елочки и двумя стволами давно упав-





2



3



4



ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

ших деревьев. Вот почему, когда птица сидела, вжавшись в лоток, ее спина сливалась с поверхностью и выглядела как продолжение лесной подстилки. Ничего не скажешь — маскировка отличная, и если бы не шорох при взлете птицы, заставивший нас обратить на нее внимание, найти гнездо, наверное, так бы и не удалось. Как и все совы, филин летает бесшумно, но не может сделать первый взмах, не задев подстилку или окружающие ветки. Крылья у этой совы необыкновенно длинные, что позволяет ей хорошо парить и планировать: филины, живущие в горах, нередко бодрствуют днем и подолгу парят в восходящих потоках воздуха.

Мы подошли к гнезду поближе. Никакой специальной выстилки в его лотке не было — только перья филина указывали на то, что это именно его гнездо. В сущности, оно представляло собой просто углубление в лесной подстилке, которая, впрочем, здесь довольно толстая: ведь кругом — осушенный сфагновый бор.

Птенец был еще совсем крошечный, длиной не более 15 сантиметров, и весь в белом пуху (фото 1). На месте глаз виднелись только небольшие щелочки, но крупные глазные яблоки проступали вполне отчетливо — перед нами была будущая ночная птица, для которой характерны очень большие глаза. Совенок лежал на спине с поджатыми лапками, со сложенной шеей. По-видимому, до того, как слететь, самка прижималась к нему своим брюхом и таким образом согревала. Остатков корма в гнезде не оказалось. Похоже, птенец вылупился совсем недавно и его еще не успели как следует покормить.

Перед тем как сфотографировать филиненка, мы аккуратно повернули его вполоборота на левый бок, чтобы на снимке были видны крохотные крылышки. В ответ на это птенец только раскрывал клюв: то ли он просто волновался, то ли думал, что его сейчас покормят, а может быть, ему просто

не понравилось, что тельце оказалось частично освещенным солнцем.

Мы сделали снимок, и на том с филиненком попрощались, запомнив место расположения гнезда. Оно было устроено совсем недалеко от дороги, по которой нередко ходят люди. Не более 100 метров негустого, прозрачного леса отделяли его от большой вырубki, а старые, заброшенные колеи проходили всего в 30–50 метрах. Несколько дальше от места, обжитого филинами, располагалась просека. Такое обилие «путей сообщения» вблизи гнезда вовсе не случайно. Филинам необходимы хорошо заметные ориентиры — ведь без них найти в темноте своего птенца было бы непросто даже сове. С другой стороны, расположение гнезда возле дороги указывает на то, что филины не боятся человека и охотно будут селиться рядом с людьми, если те перестанут их обижать.

**П**осетив гнездо через 19 дней, мы не застали в нем взрослую птицу, зато филиnenок к нашему повторному визиту уже изрядно подрос. Теперь он лежал на животе, вжимаясь в лоток, чтобы сделаться незаметнее (фото 2). Птенец был покрыт серым пухом с едва различимым волнистым рисунком. Из пушистого комочка слегка выступала голова с яркo-оранжевыми глазами, да на спине птенца виднелись два серых бугорка — отрастающие крылья, замаскированные пухом. Посерел филиnenок не случайно. Как и у всех сов, у него два пухо-

вых наряда. Замена белой птенцовой «рубашки», сформировавшейся еще в яйце, на длинный серый пух — явление вполне закономерное.

При нашем приближении малыш вжался в лоток еще сильнее. Когда до него дотрагивались, он, как и прежде, открывал клюв, но теперь уже явно не ждал, что его покормят, — испугался незваных гостей. Птенец оказался весьма упитанным: киль его грудины прощупывался плохо. Рядом лежал наполовину съеденный чирок-трескунок, который успел протухнуть. Мы выбросили остатки пищи из гнезда, чтобы запах не привлекал хищников. Здесь же, в гнезде, лежали перья озерной чайки, ворона, куликов и, похоже, ушастой совы. Давно известно, что всей пернатой добыче филины предпочитают других сов, но не потому, что они вкуснее. Дело в том, что все совы, и маленькие, и самые большие, охотно ловят мышей, и, таким образом, охотясь на своих дальних родичей, филины пытаются устранить пищевых конкурентов.

Затратив на осмотр гнезда около десяти минут, мы ушли.

**В** третий раз мы нанесли визит нашему юному другу в середине июля, спустя еще 19 дней. Филиnenок к этому времени повзрослел и ушел из гнезда, в котором мы нашли лишь несколько перьев взрослого филина да остатки пищи, которых, впрочем, было не много. Похоже, в последний раз птенец пообедал здесь



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

еще одной совой — серой неясытью.

Бессистемно прочесывать лес в поисках птенца не имело смысла, поскольку прятаться филин умеет великолепно. Но все-таки мы решили поискать его — хотя бы в том направлении, в котором полетела самка филина, когда при первом посещении мы спугнули ее с гнезда. Удача нам улыбнулась: не более чем в сотне метров мы обнаружили филиненка, который прятался между стволами упавших деревьев.

Теперь он стал крупнее почти вдвое, маховые перья развернулись практически полностью, но рулевые все еще были свернуты в трубочки (фото 3). Крылья птенца приобрели окраску, характерную для взрослых птиц, однако на голове, плечах и спине виднелись остатки старого, серого с волнистым рисунком, пуха. Особенно сильно изменилось «лицо» филиненка: пух здесь выпал, ярко-оранжевые глаза окружала теперь голая темная кожа. Создавалось впечатление, что на голову малыша надет пуховой капюшон, из-под которого он грозно взирает на непрошенных гостей. Над глазами появились характерные «рожки» или «ушки», но не перьевые, как у взрослых птиц, а пуховые.

Изменилось и поведение птенца. Если две с половиной недели назад он вжимался в лоток и открывал рот от страха, то теперь при нашем приближении филиненок шипел, громко щелкал клювом и раздувался как шар (фото 4). Особенно не нравилось птенцу, когда до него пытались дотронуться: хотя ему и самому было страшно, малыш изо всех сил старался напугать нас. От прежнего пухового птенца с грустными глазами не осталось и следа, но филиненок по-прежнему был на удивление усидчив. Он прятался в углублении между упавшими стволами точно так же, как раньше прятался в гнезде.

Вокруг валялись перья воронов, мелких уток, а метрах в двухстах, на краю вырубки, мы обнаружили «кормовой столик» с перьями чирка-свистунка и недоеденным кусочком свежего мяса. («Кормовых столиков» на территории, где обитают филины, обычно несколько: это излюбленные места, где совы расправляются со своей добычей. Называют их так потому, что всем про-



чим местам филины предпочитают вывороченные пни; на них, между корней, они обычно и кормятся.)

Спустя час, вновь оказавшись там, где совсем недавно наблюдали за филиненком, мы уже не сумели его разыскать — птенец надежно спрятался.

Отправляясь на гнездовой участок филинов через 20 дней, мы не надеялись обнаружить филиненка. Однако, к нашему удивлению, он продолжал держаться на прежнем месте. Был разгар грибного сезона, народу в лесу хватало, и мы совсем не удивились, когда увидели, что на территории гнездового участка из-за дерева высовывается чья-то спина, одетая в пеструю штормовку. Но, посмотрев в монокуляр повнимательнее, мы поняли, что обознались: это оказался птенец филина, который вырос настолько, что издали вполне мог сойти за грибника, вставшего на колени. Филиненок сидел всего в 20 метрах от своего прежнего убежища. На этом месте, у комлей двух растущих рядом сосен, находилась основательно вытоптанная площадка, рядом лежали остатки утки. Поблизости был и упавший ствол, который, по всей видимости, служил филиненку укрытием.

На этот раз птенец был не один. Приближаясь к нему, мы вновь спугнули взрослого филина, который не спешил улетать: он сел на ветку неподалеку и даже позволил себя сфотографировать. Все время, пока мы общались с филиненком, взрослая птица держалась поблизости, ее силуэт время от времени мелькал между деревьями. Оно и понятно: чем больше ребенок, тем больше филины его ценят, поскольку во взрослого птенца вложено много сил. Один раз взрослый филин даже угрожающе ухнул, однако, убедившись, что мы не причиняем птенцу вреда, решил пока не вмешиваться.

За три недели крылья филиненка оперились полностью, перьями покрылся даже лицевой диск, и лишь на голове все еще виднелись остатки

пуха. Хвост птенца хорошо разглядеть не удалось, так как теперь он все время старался повернуться к нам «лицом». Рулевые перья, по-видимому, тоже раскрылись, хотя, может быть, и не полностью.

В повадках подрастающего филина появилось что-то кошачье. Он быстро бегал, прижимался к земле, прятался за стволами деревьев и осторожно выглядывал из-за них, так что была видна только его голова. Поймать малыша было бы теперь совсем непросто, хотя он по-прежнему не стремился покинуть участок, на котором мы его обнаружили. Инстинкт привязывал филиненка к определенному месту, чтобы взрослой птице было легче его разыскать.

В конце концов, маленький филин убедился, что в способности бегать по лесу мы ему существенно уступаем. После этого он уселся рядом с упавшим стволом, наклонился вперед и, раздувшись, стал переступать с ноги на ногу, распуская крылья веером над головой (фото 5). При этом стало видно, что основания маховых перьев еще не скрыты кроющими: потому-то такой большой птенец все еще не мог летать. Потоптавшись на месте некоторое время, птенец успокоился и, как только мы отошли подальше, нашел очередное углубление в подстилке и вжался в него.

Отошли мы недалеко, метров на двести (нужно было осмотреть остатки утки, почти съеденной филинами). Но все-таки, когда вернулись обратно, филиненка на прежнем месте не было, и разыскать его опять-таки не удалось.

В конце августа мы приехали на гнездовой участок в последний раз: долго бродили по лесу, обнаружили множество перьев взрослых филинов, которые в это время года как раз начинают линять. На кормовых столиках валялись перья съеденных птиц: чайки, утки (вероятно, свиязи), серой неясыти, сойки. Самого филина нам довелось увидеть только один раз — на краю просеки. Он хорошо замаскировался, сидя в кроне высокой сосны. Даже большой пестрый дятел, устроивший «кузницу» на соседнем дереве, не замечал большую сову и не проявлял беспокойства.

Филин хорошо летал и явно тяготел к просекам. Это и понятно: ведь с большими крыльями развернуться в гуще леса совсем непросто. Насколько удалось разглядеть, все маховые и рулевые перья у него были на месте. Скорее всего, это и был наш филиненок — ведь в отличие от старших, молодые совы осенью не линяют. Теперь ему предстоит взрослая и, надеемся, долгая жизнь.







# Нефтехимическая раскадровка



Начинает потихоньку возрождаться разрушенная в последнее десятилетие система подготовки кадров для химической промышленности. Юристов и экономистов сейчас много, а вот химиков-технологов – не очень. Руководство преуспевающих предприятий, например, тех, которые составляют Группу ЛУКОЙЛ-Нефтехим (ООО «Саратоворгсинтез», ООО «Ставролен», ЗАО «ЛУКОР»), отлично понимает, что для того, чтобы производство работало стабильно, развивалось и внедряло новые прогрессивные технологии, необходимы знания.

Поэтому в декабре 2003 года ректор РХТУ им. Д.И.Менделеева, академик РАН П.Д.Саркисов и Генеральный директор ЗАО «ЛУКОЙЛ-Нефтехим» А.С.Смирнов подписали соглашение о сотрудничестве. Соглашение предусматривает объединение усилий университета и компании для направленной подготовки специалистов, необходимых предприятиям Группы ЛУКОЙЛ-Нефтехим. В этом заинтересованы обе стороны: и высшая школа, и крупный бизнес. «Подготовка кадров для промышленности в интересах России всегда была приоритетной задачей университета, — сказал ректор П.Д.Саркисов. — И я рад, что мы начинаем, по сути, заново выстраивать отношения с промышленностью в лице таких успешных компаний, как «ЛУКОЙЛ-Нефтехим». Для нас важно, чтобы знания, которые получают наши выпускники, были максимально использованы и реализованы в России».

Когда «ЛУКОЙЛ-Нефтехим» приобрел известное предприятие «НИТРОН» (теперь ООО «Саратоворгсинтез») в Саратове, оно было банкротом. Сотрудникам кадровой службы в буквальном смысле пришлось ходить по домам, чтобы собрать специалистов, в том числе и пенсионеров. Только тогда удалось заново запустить производство.

Чтобы избежать подобных ситуаций, сегодняшнюю кадровую политику Группа ориентировала на подготовку специалистов для компании, начиная со школьной скамьи. Разработана специальная программа по подготовке кадров для нефтехимического производства «школа-вуз-завод-компания». Особое внимание в ней уделено городам, в которых расположены предприятия. Сотрудничество начинается с побед на химических олимпиадах и продолжается в профильных вузах, после окончания которых наиболее способные выпускники подписывают контракт с компанией.

Российский химико-технологический университет будет заниматься довузовской подготовкой в школах, подшефных «ЛУКОЙЛ-Нефтехиму». На базе саратовской средней школы №59, где учатся свыше 80% детей работников предприятия, уже открыты специализированные химический и компьютерный классы для углубленного изучения профильных дисциплин РХТУ. Кроме того, компания помогает в оборудовании химической лаборатории в подшефной школе № 8 города Буденновска.

Для абитуриентов из Саратова и Буденновска РХТУ им. Д.И.Менделеева будет организовывать профильные олимпиады и выездные приемные комиссии. В 2003 году в Саратове уже была проведена первая региональная олимпиада среди выпускников городских средних школ. По ее результатам 6 человек поступили в РХТУ, с ними заключены договоры, а после окончания вуза они вернутся на предприятие. Однако даже отличное образование не позволяет выпускнику немедленно начать работать на производстве. Вот почему, например, ООО «Саратоворгсинтез» разработало целую систему стажировок и адаптации для молодых специалистов.

Соглашение о сотрудничестве предполагает, что РХТУ, помимо помощи в довузовской подготовке, выделяет целевые места для абитуриентов, направляемых Группой ЛУКОЙЛ-Нефтехим, а компания со своей стороны учреждает именные стипендии и гранты и организует производственную практику на своих предприятиях. В университете будут также проводиться конкурсы на лучшую научно-исследовательскую студенческую, аспирантскую и докторантскую работу по тематике, актуальной и интересной для компании. Соглашение также предусматривает проведение совместных тематических конференций, симпозиумов, стажировку преподавателей РХТУ на предприятиях «ЛУКОЙЛ-Нефтехим» и многое другое.

Конечно, такая программа принесет плоды не сразу. Но они обязательно будут.


[www.MVK.ru](http://www.MVK.ru)
995-05-95

## Международная специализированная выставка



МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ



MATERIALS & PROCESSES

**Тематика выставки:**  
 современные промышленные материалы и технологические процессы: металлы, легировка, сплавы и композиционные материалы, покрытия и нанотехнология, измерение и исследование, новые разработки

**ОКТАБРЬ**  
 18.10 - 21.10  
**2004**

РОССИЯ, МОСКВА, КУЛЬТУРНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР «СОКОЛЬНИКИ»

<b>Организаторы:</b>	Выставочный холдинг MVK, Международный союз металлургов (МСМ), Союз ассоциаций и акционерных обществ в области перспективных материалов (САПЕМ)
<b>Директор выставки:</b>	Марина Надежда Алексеевна
	Тел./факс: +7 (095) 268-95-20
	E-mail: <a href="mailto:msa@mvk.ru">msa@mvk.ru</a>

**При поддержке:**

Российское общество нанотехнологий и твердой микроэлектроники и нанотехнологий  
 Московский биржевый рынок металлов  
 Российский союз машиностроителей  
 Федерация космонавтики России  
 Российский союз химиков  
 Российский академический клуб  
 КИЦ «Сокольники»

**Информационные спонсоры:**










[www.matpro.ru](http://www.matpro.ru)



Консалтинговая компания «GRP-Service»  
**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ**

## ВАКАНСИИ ДЛЯ ХИМИКОВ И ТЕХНОЛОГОВ

[www.grp-s.ru](http://www.grp-s.ru), [nkotelnikova@grp-s.ru](mailto:nkotelnikova@grp-s.ru). Тел./факс: (7095) 254-08-25; 254-08-30  
 (в теме письма обязательно укажите название вакансии и код «jour»)

### Фирма ООО «Центр ОВМ» приглашает **ИНЖЕНЕРА ПО НАСОСНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ.**

С 1996 года «Центр ОВМ» — авторизованный дилер международного концерна «GRUNDFOS».

Требования: мужчина 22–45 лет; техническое образование; опыт аналогичной работы; пользователь ПК.

Обязанности: испытания и ремонт насосного оборудования; пуско-наладочные работы с выездом на объект; работа с клиентами; оформление документации.

Условия: стартовый оклад 10 000 руб; увеличение в течение года до 15 000–17 000 руб; медицинская страховка.

Резюме направляйте по адресу [stolyarova@grp-s.ru](mailto:stolyarova@grp-s.ru) с пометкой «НАСОС» или звоните по тел: 254-08-25/30 или 8-926-224-65-76 (Анна).

Новой компании требуется

### **RUSSIAN ENGINEER DIRECTOR.**

Требования: высшее электромеханическое образование; опыт работы в области электромеханических разработок; исследование/внедрения на производстве; свободный английский язык; мужчина от 30 до 50, готовый к частым командировкам в Индию; желательна прописка в Москве или Московской области.

Обязанности: организация процесса product development; внедрение новых разработок в производство. Область — коллекторные электродвигатели.

Условия: з/п обсуждается индивидуально (до 3000\$); место работы — Москва.

### Компания Centrilift приглашает **ИНЖЕНЕРА ПО МАРКЕТИНГУ/ПРОДАЖАМ ОБОРУДОВАНИЯ**

(электрические центробежные погружные насосные установки).

Компания Centrilift является подразделением американской корпорации Байер Хьюз и занимается производством электрических центробежных погружных насосов для добычи нефти.

Требования к кандидату: мужчина с техническим образованием (мехмат МГУ, физтех, МЭИ, академия нефти и газа и проч. подобные специальности); возраст 26–30 лет; хорошее знание английского языка; готовность к командировкам по России.

Обязанности: поиск заказчиков; подбор оборудования; участие в переговорах, составление контрактов; ведение контрактов (контакт с заказчиками, контроль за поступлением оборудования, платежами, ра-

ботой оборудования, визиты на место хранения); подготовка документов для тендеров, составление презентаций, их проведение.

Условия: заработная плата от 1500\$ (по результатам собеседования); медицинское страхование (включая членов семьи); бесплатные обеды.

Резюме с пометкой «инженер» направлять [nd@grp-s.ru](mailto:nd@grp-s.ru), или звоните по тел.254-08-25(30) Дедурина Наталья.

### Крупная международная компания (FMCG) приглашает **МИКРОБИОЛОГА.**

Требования: высшее образование (микробиология); разговорный английский язык; опыт работы в лабораториях (желательно от 3-х лет); желательно опыт руководства процессами и людьми;

Обязанности: проведение микробиологических анализов; контроль работы лаборатории; курирование микробиологических исследований (анализов) нескольких производственных лабораторий.

Условия: заработная плата — от 1500\$ до 1800\$ +соц. пакет; тренинг от 3–6 месяцев в Великобритании; работа в моск. области; возможны командировки, в т.ч. за рубеж.



Чешская Фарфоровая посуда

Чешское лабораторное стекло

Лабораторное оборудование

Микроскопы

123022, Россия, Москва, Б. Декабрьская ул., д. 3,  
тел.: (+7-095) 101 35 78, www.amteo.ru



**ЗАО «КАТАКОН»** предлагает  
совместную разработку ЗАО «КАТАКОН»,  
Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
Института физики полупроводников СО РАН

## АНАЛИЗАТОРЫ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ дисперсных и пористых материалов серии **СОРБОМЕТР**



Измерение удельной поверхности приборами серии **СОРБОМЕТР** базируется на тепловой десорбции аргона или азота методами БЭТ и STSA. Приборы эффективны для определения текстурных характеристик дисперсных и пористых веществ и материалов в научных исследованиях, в промышленности (контроль качества сырья и готовой продукции), а также в учебных целях. Измерения прибора **СОРБОМЕТР** основаны на однотоочечном методе БЭТ, **СОРБОМЕТР-М** — на многотоочечных методах БЭТ и STSA. Метод STSA позволяет определить объем микропор образца.

### Технические характеристики приборов:

Диапазон измеряемой удельной поверхности ..... 0,1–1000 м<sup>2</sup>/г  
Диапазон относительных парциальных давлений газа-адсорбата ..... 0,05–0,5  
Полная автоматизация цикла адсорбция-десорбция  
Встроенная в прибор станция подготовки исследуемых образцов к измерениям  
Управление процессом измерения и обработка результатов с использованием ЭВМ

**Мы обучаем персонал потребителя работе на приборе, обеспечиваем техническое и методическое сопровождение прибора во время эксплуатации.**

630090 Новосибирск,  
пр. Академика Лаврентьева, 5, ЗАО «КАТАКОН»  
телефон (3832) 397265, 331084;  
факс (3832) 343766,  
e-mail: catacon@ngs.ru



# Американский аквариум

Вадим Кирпичев



Художник Е. Станикова

ФАНТАСТИКА

— Это было давным-давно, когда в Америке победил коммунизм. Выручать Штаты позвали меня.

Дед стал раскуривать свою ферцингорейскую трубку — память о сражениях с элдуйскими князьями. Раз сто он уже рассказывал, как в одиночку сокрушил империю планеты Таргар, но об Америке мы с пацанами слышали впервые.

Эх, на вечер мы хотели отпроситься в Париж и накостылять тамошним гаврошам, но сперва в лицее задержались, дома я бабкино блюдо разбил, у матери пирог подгорел — пришлось остаться. А насчет Америки дед никого не удивил. Четырнад-

цать лет у меня за плечами, кое-что видел и привык — вечно ее кто-нибудь спасает. Хлипкая она, Америка.

Дед пыхнул ферцингорейкой. И начал рассказ.

Я тогда собирался на звездную систему Гром Альпан — вернуть должок таргонским сатрапам, когда — стоп, пожалуйста в Мировое жюри. Как был при полном боевом параде, так и отправился... Захожу, смотрю на этот интеллектуальный цвет человечества — и что я вижу? Лица бледные, глазки бегают, волосы дыбом. Естественно, они никогда не

видели вблизи бойца первого отряда при полном космическом вооружении. Но ничего, подтянули они свои галстучки и давай тараторить: мол, на выборах в Америке победили коммунисты, и через месяц там состоится референдум по первой коммунистической поправке к американской конституции: «Властям закон не писан». А после принятия красной поправки гибель Штатов неизбежна.

Американская культура... Такую потерю человечеству в здравом уме мудрено заметить, но время-то было аховое. Как назло, Япония завершила исторический цикл, закрыла границы и только компьютеры вышвыривала, Атлантида по новой утопла, и что самое страшное: падение Америки грозило Кубе — этому оплоту свободного предпринимательства в западном полушарии. Доигрались...

Всегда так, пацаны! Сперва эти умники провалят выборы, сядут в лужу, со страху напакостят, а потом бросаются к нам, бойцам в космической форме. МЖ, одним словом! Напоследок президент Мирового жюри торжественно вручил мне билет до Нью-Йорка и кипу бумаг.

— Это рекомендации по спасению Америки. Подготовлены самыми гениальными аналитиками Земли, самыми блистательными мозгами человечества! К ознакомлению обязательны.

Я — человек культурный: бумаги опустил в мусорный бак, выйдя на улицу. Голова на плечах, сотый калибр на бедре, чего еще надо для спасения Америки?

Кто-то дышал за моей спиной... Когда этот «кто-то», после моего приема, выбрался из-под обломков витрины, я с трудом узнал его физиономию. Резервный отряд, зовут Васькес. У русских к кубинцами давняя дружба.

— Ох, здравствуй, Ваня! — Бедолага пытался улыбнуться. Ничего, не будет подкрадываться к бойцу первого отряда. — Я только хотел сообщить, что лечу с тобой, Ваня. Вот мандат Мирового жюри.

Обрывки бумаг полетели на обломки.

— Зачем ты так, Ваня?

— Я работаю один.

— Знаю, к чему тебе напарник... Но эти янки-коммунисты у нас, кубинцев, в печенках сидят. Возьми, а? Ведь и я был косагром...

«Был». Так вот почему у него глаза больной собаки! Косагр умирает дважды: первая смерть — отставка, и для нее есть только две уважительные причины: провал задания или...

— Да, Ваня, я женился.

— Вот как? Поздравляю.

Все-таки виной свадьба, эта первая смерть настоящего мужчины. Я отвел взгляд от глупца, обменявшего все дороги галактики на юбку. Жалкое зрелище!

— Так возьмешь, Ваня?

Русскую совесть давно терзает историческая вина перед кубинцами за перехваченный под самым их носом штатовский рынок автомобилей. И не по-русски — добивать мертвяка. Я протянул ему руку...

В порту Васькес бодро двинулся к нью-йоркскому аэропрыгу. Но у кубинца были явные нелады с математикой. Да, мы летим вышибать коммунистическую дурь из голов янки, но их — миллиард. Миллиард! За месяц я просто физически не успею обработать каждую красную американскую морду. Поэтому, хмыкнув, я повернул к «Рюриковичу», пятизвездочному космическому крейсеру. Прививку от коммунизма нам могли дать только звезды.

Поднимаясь по трапу крейсера, я и в мыслях не держал, что ничтожное задание Мирового жюри смертельно. Заяви мне такую глупость сам Создатель, да я бы расхохотался ему в лицо!

Разобраться с таргонскими сатрапами. Уничтожить иерархов планеты Зерок. Разгромить банды Лыс из Астероидного

леса. Добыть крылья бога-дракона Ван-Вейша... Грандиозные планы бередили мою душу. А всего пуще — неподъемный даже для космических агрессоров прошлого подвиг: пройти Дальние Миры. Сбросить с плеч ярмо тысячелетий, исполнить мечту всей моей жизни и проломить-таки невиданный путь. Дальние Миры...

**Д**ед замолчал, уставился куда-то невидящим взглядом — будто в догорающий камин засмотрелся.

Неужели мой великий дед не справился с дохлым американским коммунизмом? Что, его одолели эти краснокожие янки?.. Мы с пацанами готовы были лопнуть от нетерпения, но на лужайке перед домом звенела тишина. Вон, у нашего соседа, чемпиона по боксу, до сих пор щека дергается, как поплавок. Почему? А ты не хмыкай, когда дедушка о Дальних Мирах вспоминает.

Камин потух...

**В**аськес заволновался, когда «Рюрикович» вынырнул в Плядах.

— Я думал, наше задание в Нью-Йорке.

— Ты не ошибся.

— А что мы делаем в космосе?

— Мог бы догадаться. Ищем планету победившего коммунизма.

— Божье мой! Неужели такая есть во Вселенной?

Пришлось поведать побледневшему до синевы креолу древнюю легенду о «Флаурмее».

Тыщу лет тому назад, когда на мир обрушилась безжалостная напасть русской конкуренции, отряд калифорнийцев отчалил к звездам, дабы навеки избегнуть этого дьявольского изобретения и там, в неведомых мирах, воссоздать земной рай. Назывался их корабль «Флаурмей». С той поры и бродят по галактике легенды о чудной планете, где построен сто-процентный американский коммунизм.

— Наша задача — отыскать эту планетку. Понял, Васькес?

Напарник кивнул, но в его глазах надолго остекленел вопрос: на хрена мне, кубинцу, еще и калифорнийский коммунизм?.. На хрена? Ничего, пусть подумает.

За три недели мы пропахали весь треугольник Электра — Астеропа — Майя, где, по слухам, скрывалась красная планета, но коммунизм по дороге не попадался. «Косагр не может не выполнить задания». Эта чеканная строка боевого устава все чаще гремела в моей голове. Нервничал и ничего не понимающий напарник. Пришлось обратиться к тонкостям теории.

— Что есть коммунизм, Васькес? Это заразная социальная чумка. И прививку от нее мы сыщем только в пораженном ею же организме. Конечно, ты скажешь, и теоретически будешь прав, что проще уничтожить Америку, но...

Тут теорию прервал возопивший благим матом кубинец:

— Божье мой, Ваня, взгляни на экран! Вот он, комьюнизм! Точно. Планета была в форме куба...

Да, пацаны. Отправляясь в земной рай, я взял самый большой калибр. И еще кое-что.

Пахло на планете неважно. Но ни заводов, ни дорог, только стальные пирамиды были видны вдоль горизонта. И маленький городок, красневший крышами в долине. Один на всю планету.

Где же коммунизм?

Лишь увидев первого колониста, я перевел дух. Это был ковбой без лошади. В черной шляпе, стройный, он палил из кольта по бутылкам. Мальчишка!.. Потом — рыбак, который удил в оранжевой реке.

— Как улов, браток?

Заржав, мужик посмотрел на меня с восхищением. Да, при коммунизме прослыть остряком — раз плюнуть.



— Ну ты даешь! Хлебни-ка, детина, — протянул бутылку рыбак, — сам гнал!

— Спасибо.

— Как знаешь. Да хранит тебя робот! — И он почему-то указал пальцем под землю.

Мне некогда было точить ляды с безумным мужиком: задание торопило. И тут я увидел ее.

Пацаны, когда-нибудь вы поймете меня. Это была настоящая женщина, а не нынешний суповой набор в брючках. Стоя на пригорке ко мне спиной, она малевала картину. Я не мог разглядеть цвет ее волос — столь крут был подъем.

— Превосходно!

Дама не испугалась. Здесь люди не боялись людей.

— Вам нравится?

— Очень.

— Я имею в виду картину, — уточнила она.

Пришлось отвести взгляд от ослепительной блондинки и уставиться на мольберт. Ну, нежная мазня.

— Как вам сказать... Для женщины — гениально.

— Понятно, — она могла не только улыбаться, — вы заурядный женоненавистник!

— Не припомню, чтобы обо мне мог так сказать хоть один человек. Из носящих юбку.

— Тогда в чем дело?

— Видите ли, в женщине, занимающейся искусством, всегда есть что-то жалкое.

Фыркнув, она вырвала из моих рук мольберт и обожгла взглядом. Этот взгляд обещал реванш. И меня аж в жар бросило от предвкушения этого реванша.

Надо ли говорить, с какой грацией блондинка спустилась с холмика? Задуманное ей удалось вполне. Убедившись, что я гляжу ей вслед, свистнула. И я, дурачок, тут же сорвался с места.

— Бегу, Джейн!

Да, ее звали Джейн. Спускаясь, она старательно не смотрела в мою сторону, феминистка...

Дед замолчал — опять в свой камин уставился. Только посасывал давно потухшую ферцингорейку.

Распахнулась дверь. Выскочившая на крыльцо бабка принялась лупить скалкой по диффузной пси-антенне. Бабушка обожала сериал «Похищение белокурой арверонки».

— Неделю прошу отремонтировать, но в этом доме нет мужчин!

В мою сторону не смотрела: взрослый человек, а всерьез дует из-за какой-то древней, трехсотлетней посуды.

Очередной удар чуть не снес бетонное основание пси-диффузки. Дверь захлопнулась.

Первым перестал изображать поваленную статую Колька, самый смелый из нас.

— А что такое феминизм, дедушка?

— Феминизм, Колька, это социализм дурнушек — самая страшная американская зараза. — Дед осмотрел свой кулак, габаритами с коробку от видеокуба. — Русским дамочкам иногда еще удается вправить иммунитет, но не американкам. Тут чистая медицина начинается. Маниакальное воспаление мозжечка, и все такое. Жуть. А я, честно скажу, не силен в медицине.

Дедушка раскопегарил трубку, а в моей голове искрой проскочила удивительная догадка: вовсе не по американским коммунистам скорбит он сегодня! Пока я поражался собственному интеллекту, мой старик продолжил.

**Д**урацкая, доложу вам, попалась планетка. Деревья пластмассовые, трава из капрона, а где газон износился — каблучки звенели по металлу. В городке ни банка, ни тюрьмы, ни аптеки, ни телефонов. В общем, рай. Вывеску нашел одну-

единственную: «Салун "Мэрия"». Конечно, никто и никогда не сыщет в галактике города без мэрии и салуна, но чтобы совместить городское управление с кабаком? Не силен я в американском самоуправлении, но здесь явно была его высшая точка.

К вечеру все там и собрались. Колонисты называли Джейн мэром. Она хлопотала за стойкой. Белокурые волосы, клетчатая мужская рубашка, плотно сидящая, как на мраморной Венере, юбка. Красавица! Она и не думала играть в незамечалки. Усадила рядом, поднесла стаканчик, улыбнулась. От ее удивительной улыбки, как от хорошей музыки, почему-то становилось жалко себя.

Вдруг на глаза попался сидевший в кресле старик. У него были явные нелады с ногами. Вот то, что мне надо! Я взял у Джейн клетчатый плед и задрапировал больного ниже пояса. Тот не возражал. Здесь никто не умел спорить. Почти.

Старик и поведал мне историю превращения планеты в аквариум. Все началось с умника, давшего роботам мозги. Колонисты сначала торжествовали: пусть железные чурки строят нам коммунизм, а мы не будем ни пахать, ни сеять — лишь срывать плоды с щедрого кибернетического дерева. Взвалим обузу на стальные плечи!.. И роботы делали всё. Пока не изобрели механизм воспроизводства и не заполонили собою недра планеты, не перестроили ее в куб и не засадили своих создателей в аквариум. Так они стали для людей роботами...

Запомните, мальчишки! Никогда и никому не отдавайте нашу тяжкую мужскую ношу работы и воспроизводства!.. Ладно, продолжаю.

Сказав это, пронизательный старик заулыбался:

— Не думай, Ваня, есть вещь, которую мы делаем своими руками. Мы пошли против самих роботов! Поначалу роботы ломали наши изделия, но мы их собирали снова и снова. И мы победили, Ваня. Смотри!

И тут же кто-то из посетителей салуна вскочил и распахнул створки шкафа в углу.

Побери меня Большая Комиссия! Никогда не видел такого разнообразия унитазных бачков. Инкрустированные, под малахит, из чистого золота. Проклинал бы себя всю жизнь, если бы в тот миг не выразил полного восхищения.

— Уверен, что в будущем роботы позволят нам делать и унитазы! Только не дожидь мне до великого дня. — И по небритой щеке скатилась слеза. — Увы, Ванечка, недолго мне любоваться этой красотой. Вывих ноги — при коммунизме это смертельно. Да, раньше у нас хоть были специальные учреждения, где человека готовили к встрече со смертью, где каждый мог спокойно умереть. Больницами назывались. А теперь больных просто...

Старик поник. Остальные потупились.

И вдруг запахло машинным маслом. Стена с лязгом откатилась в сторону. Повалил кирпичный дым. Пол задрожал под грохочущими шагами. Гремя ржавыми крыльями, из провала выскочила хваткая парочка роботов, под четыре метра каждый. Ухватили крючьями кресло и поволокли жертву в механическую преисподнюю. Старик закатил очи горе. Остальные глаза опустили. Я поднялся.

— Ваня, не надо! — закричала Джейн, но мы уже сцепились. Первый робот развалился сразу, зато второй... Напряженным мускулом пришлось объяснить: рыбка ему попала не по зубам, а если по зубам, то кастетом.

Робот рухнул. Я вышвырнул металллом, задвинул стену, вправил старику ногу, а Джейн, раскрасневшаяся, строгая, наладила тем временем выход на улицу. Как ловко она управлялась с этими баранами, я не мог налюбоваться! Любовавшись и с тройкой напавших роботов разобрался машинально. Да, сотый калибр — удивительное оружие.

Дальше? На организацию бучи против господства роботов оставались секунды. Планета уже получила сигнал: в ее аква-



риуме завелась чересчур боевая рыбка. И для революции здесь было лишь одно подходящее место.

Рука на сканфере, унитазный бачок за спиной — к патриотической речи все готово. Но чем пронять сердца американцев?

Воздел бумажку в миллиард долларов. Ноль эмоций! Напомнил: ваши славные предки делали лучшие в мире автомобили, компьютеры и унитазные бачки. Они продавали хлеб самой России. Ничего!

— Проснись, американец! За тебя работает маслوماзый. Тобой помыкает баба. За мной, и мы перекуем куб на шар!

Никто не расправил плечи.

Тогда я смело бросился в историю:

— Мужики, вспомним великую дату — Четвертое июля!

Клоун на кладбище — так я выглядел. Только один в толпе, рыжий, заухмылялся.

— Эй, рыжий, в твоей душе не погибла гордость за славный день?

— Еще какой! — Рыжий расплылся до ушей и, придвинувшись ко мне, зашептал в ухо: — Не пойму, Вань, как ты узнал, что четвертого июля я попробовал сразу с тремя... Ну, ты понимаешь?

Я с отвращением слушал, а сам наблюдал, как батальон рогатых роботов надвигался на городок.

Оставалось взять последний аккорд.

— Эй ты, сопляк! — ткнул я пальцем в давешнего знакомого ковбоя. — Быстро ко мне!

Красавчик сделал пару шагов и остановился. Ошметки мужской гордости!.. Я отстегнул сканфер и стал обзывать парня последними словами. Что ж, ковбой был великолепен. Точечная фигура, пальцы играют по бедру, скрип зубов, вот только губы дрожат. До чего пал американский герой — он не мог пристрелить безоружного человека. Пришлось выложить каре.

— Гляди, Джейн, чего стоит твой сосунок!

Выпад змеи, блеск молнии — все слилось в одно движение. Мастерский выстрел, но я успел сместиться всего-то метров на пять, зато с каким грохотом, в плеске воды, в брызгах осколков, посыпался унитазный бачок!

Всё. Какой там бунт против роботов? Под коммунизмом здешние мужики выродились в ничто...

Провожала меня Джейн.

С неба нас атаковали стальнокрылы. Бешено кидались шестикрышники. Я палил от души. На углы горизонта выдвигались боевые машины роботов. Планета бралась за дело всерьез.

— Осторожно, Ваня!

Мы взбежали на пригорок, за которым был спрятан мой космический бот. Светило закатилось за левый угол горизонта, и сразу стемнело. Мне лететь, а я все не мог налюбоваться ладной, крепкой фигуркой Джейн. Нет, такая не для калифорнийских большевиков!

— Джейн, милая! — Расстреляв тройку титанозавров, я ткнул дымящимся стволом в знакомую звездочку: — Смотри, этот огонек — Солнце. Самая прекрасная звезда галактики, Джейн! Там твоя планета и твоя родина. Другого такого шанса не будет — полетели вместе.

— Я боюсь, Ваня. Мне так спокойно живется при коммунизме. Здесь так хорошо мечтать, рисовать картины...

Ревели шестикрышники, бесновались и швырялись плазмой огнепалы, а я все пытался докричаться:

— Ты живая женщина, Джейн! Брось свои пейзажики, этот выморочный, фантастический мир. Счастье женщины на Земле. Там желтые поля, зеленые луга, голубые реки. Там настоящая жизнь, работа. Там есть больницы, Джейн! Ну, летим? Джейн, решайся!

— А замуж возьмешь?

Ого! Быстрота реакции явно моя.



## ФАНТАСТИКА

— Это исключено. Женитьба погубит мою карьеру.

— Тогда, Ваня, лети-ка на Землю сам.

— Джейн!

— Ваня!

Она заплакала. Белокурые волосы разметались по моему плечу. И тут я впервые в жизни вздрогнул. Звезды стали гаснуть. Конструкция планетарных масштабов поднялась над горизонтом и сворачивала небо в трубочку.

— Весь мир мне не нужен без тебя, Ваня.

— Ну не могу я жениться!

— Тогда прощай.

Планетарная челюсть захлопывалась. Скатывались последние песчинки судьбы. А я смотрел в сверкающие звездами глаза Джейн и терзался выбором. Весь мир, с его славой, дорогами и подвигами или лучшая женщина этого мира? Дальние Миры или пеленки? Быть или жениться на американке? И нет ни секунды на раздумья! Ну почему человек никогда не готов к такому выбору?

Джейн прижалась к моей груди изо всех сил. Так прощаются навек...

**М**ы с пацанами переглянулись и дружно устались на деда. Хоть бы хны! Чистит веточкой ферцингорейку да знай себе в усы ухмыляется. Уж не рехнулся ли? Рассказ закончить и то толком не сумел. Странно. Не похоже на деда. Он у меня ничего, крепенький. А с годами даже умней становится. Вообще я заметил, что за последнее время все мои предки здорово прибавили в интеллекте. Кроме отца, конечно.

— Дед, и ты не смог победить коммунизм?

Это Колька переборщил: дедушка побагровел на глазах.

— Не болтай чепуху. Лучше запомни раз и навсегда: российский косагр не может не выполнить задания!

— А Штаты?

— Ха, Штаты! Я не зря зажигал все лампочки. На обратном пути мы с Васькесом смонтировали шикарный фильм. Когда миллионы янки увидели ковбоя, крушащего из кольта унитазный бачок, то тронулись все сейсмографы мира. Америка хохотала как сумасшедшая. С коммунизмом в ней было покончено навсегда.

— А Джейн ты взял на Землю?

Да, Кольке, к его смелости, еще бы кое-чего добавить.

— Хватит вам лясы точить. Ужинать бегом!

Это на крыльце показалась белая как лунь бабушка Женя и подмигнула любимому внуку. То есть мне. Простила! И тут я все-все понял. Слово в голове лампочка зажглась. И, вскакивая с травы, настоящей, не капроновой, и взлетая на крыльцо, я точно-преточно знал: самый любимый человек сейчас обнимет меня и улыбнется своей удивительной, волшебной улыбкой. Улыбкой ценой в мир!

Последним поднялся дед.



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Маргарин из молока

Британские исследователи разработали рацион питания для коров, позволяющий получать молоко, которое гораздо полезнее обычного, а также сливочное масло, по свойствам близкое к маргарину.

Анна Феарон и ее коллеги из Королевского университета в Белфасте поставили перед собой цель получить молоко с низким содержанием вредных для здоровья насыщенных жиров, вызывающих сердечные заболевания и ожирение, и с высоким — ненасыщенных, которые, напротив, помогают снизить уровень холестерина. Изменение свойств молока с помощью специальной диеты для коров давно применяют на практике, однако впервые это дало столь очевидные результаты — такие, как получение маргарина естественным путем.

Маргарин — продукт не самый популярный, хотя считается, что он полезнее масла и лучше намазывается на хлеб даже в холодном виде. Масло называют продукт, произведенный исключительно из молочных жиров, а в маргарине обязательно присутствуют растительные. Ученые решили ввести эту добавку еще на стадии кормления буренок.

Было решено кормить коров рапсовым семенем. Оказалось, что чем больше его в дневном рационе, тем сильнее меняется состав молока. При потреблении одного килограмма нового корма в день коровье молоко содержит на 35% больше олеиновой кислоты и на 26% меньше пальмитиновой (которую относят к насыщенным жирам), чем при обычном режиме питания коров.

Масло, полученное из такого молока, гораздо полезнее для здоровья. Его уже можно найти на прилавках магазинов. Благодаря олеиновой кислоте оно хорошо намазывается, даже будучи сильно замороженным. Однако это именно масло, поскольку получено оно исключительно из коровьего молока, без добавления каких бы то ни было других ингредиентов.

*Е. Сутоцкая*

## Пишут, что...



...одна из серьезных проблем при защите информации на режимных предприятиях — запаздывание организационно-распорядительных документов, не поспевающих за развитием информационной системы («Информационные ресурсы России», 2004, № 1 (77), с.22–25)...

...структурообразование в земной коре, возможно, отчасти обусловлено влиянием Луны («Геотектоника», 2004, № 1, с.21–50)...

...чтобы вовремя предупредить земляно о возможном падении опасного космического объекта, нужны два телескопа, один спереди, другой сзади Земли, на расстоянии около одной астрономической единицы от нее («Космонавтика и ракетостроение», 2004, № 1 (34), с.85)...

...изучение палеопочв, погребенных под курганными насыпями Северного Прикаспия, дало множество ценных сведений об эволюции почвы и климата региона за последние 4000 лет («Почвоведение», 2004, № 3, с.271–283)...

...моховой и снежный покров в криогенных ландшафтах стабилизирует воздействие климата, компенсируя фазы потепления («Криосфера Земли», 2003, т VII, № 4, с.21–27)...

...если в никелиде титана несколько раз провести обратимое мартенситное превращение и при этом постоянно увеличивать нагрузку, то мощность звука, излучаемого этим материалом во время превращения, будет аномально возрастать («Физика металлов и материаловедение», 2004, т.97, № 3, с.72)...

...получена генная конструкция для разработки в кишечной палочке нейротоксина из яда кобры («Биоорганическая химия», 2004, т.30, № 1, с.30–40)...

...российскими учеными создан новый трансгенный картофель, который обладает повышенной устойчивостью к вирусам («Доклады Академии наук», 2004, т.394, № 3, с.411–413)...

Пишут, что...



...у цианобактерий из горячих источников при снижении температуры активируется ген фермента десатуразы, который превращает насыщенные жирные кислоты в более «текучие» ненасыщенные («Физиология растений», 2004, т.51, № 2, с.184–189)...

...угнетающее действие высоких концентраций кадмия на рост яровой пшеницы можно преодолеть с помощью препаратов, содержащих фитогормоны («Агрехимия», 2004, № 1, с.71–74)...

...одной из причин аллергического ринита («сенной лихорадки») может быть нарушение регуляции апоптоза Т-лимфоцитов в крови и назальном секрете («Иммунология», 2004, № 1, с.28–32)...

...у женщин, страдающих бесплодием, чаще встречаются хромосомные аберрации в соматических (неполовых) клетках, например в клетках крови («Цитология и генетика» НАНУ, 2004, № 1, с.3–7)...

...изучены принципы построения тревожных сигналов и видовых песен у птиц, искусственно синтезированы звуковые сигналы, понятные птицам, — привлекающие и отпугивающие их («Известия АН, серия Биологическая», 2004, № 2, с.191–199)...

...разработан способ выделения фермента глюкозооксидазы, который синтезируют промышленные грибковые микроорганизмы, с использованием в качестве сорбента кварцевого песка («Прикладная биохимия и микробиология», 2004, т.40, № 2, с.178–185)...

...найлены мутации, ответственные за появление черной окраски у млекопитающих семейства кошачьих («Current Biology», 2003, т.13, с.448–453)...

...исследована локомоция (типы движений) у детенышей сивуча, установлено, что ползать и, возможно, плавать они умеют от рождения, а выпрыгивать из воды, как дельфины, обучаются («Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 2004, т.40, № 1, с.55–59)...



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Зачем жвачке запах корицы

Жевательная резинка может пополнить постоянно растущий список функциональных продуктов. Оказалось, что резинка со вкусом корицы действительно уменьшает количество бактерий, вызывающих неприятный запах изо рта.

По словам пародонтолога Кристины Ву, результаты исследований были предсказуемы. В состав одной из популярных жвачек фирмы «Wrigley» входит альдегид коричной кислоты — эфирное масло, которое добавляют для аромата. Ву занималась изучением растительных эфирных масел, подавляющих патогенные бактерии в полости рта. Некоторые масла на самом деле оказались губительны для микробов, вызывающих кариес и заболевания десен.

В лабораторных испытаниях выявили масла, подавляющие рост бактерий трех типов, чья жизнедеятельность связана с неприятным запахом изо рта, а также выработку зловонных летучих веществ. К результатам этих исследований проявила интерес компания «Wrigley», и Ву решила провести клинические испытания.

Пятнадцать человек в течение 20 минут жевали одну из трех резинок: со вкусом корицы, с натуральными ароматизаторами, но без коричневого альдегида, и просто резиновую основу. По истечении заданного времени сравнивали пробы слюны каждого добровольца до и после эксперимента (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 31 марта 2004 г.).

Жвачка со вкусом корицы показала наилучшие результаты — концентрация анаэробных бактерий в слюне уменьшалась более чем на 50%. Особенно эффективно корица уничтожала бактерии на задней части языка — их количество снизилось на 43%. Именно эти бактерии, разлагая белки, производят летучие соединения серы, которые и дают пресловутый запах. Жевательная резинка с натуральными ароматизаторами тоже сработала неплохо — бактерий стало меньше примерно на 40%.

По словам Ву, сначала эти результаты ее удивили, но, когда компания сообщила, что ароматизаторы жевательной резинки содержат растительные экстракты, все встало на свои места. Таким образом, жевательная резинка в самом деле может быть полезным продуктом, влияющим на гигиену полости рта. Она не просто маскирует запах, а устраняет вызывающие его бактерии — хотя бы на короткое время.

А.Ефремкин





# Луч света В

## МЫЛЬНОМ царстве

**И.В.ТИМАШЕВОЙ**, Новосибирск: *Характерный запах гуаши обусловлен тем, что к ней в качестве антисептика добавляют фенол; для здоровья это не опасно, если только не брать краску в рот.*

**Л.Н.РЫБАКУ**, вопрос из интернета: *Ни в коем случае не устраивайте кулинарных экспериментов с видами рода сумах, растущими в Северной Америке; «сумахом» в Азербайджане называют сушеные цветы барбариса, они действительно идут на приправы к шашлыку и люля-кебабам, американский же сумах, вероятнее всего, несъедобен, а то и ядовит.*

**В.К.СЕРГЕЕВУ**, Санкт-Петербург: *«Отравление рыбным ядом», о котором писал в XIX веке Н.И.Пирогов, сейчас называется ботулизмом.*

**А.В.ЯЦЕНКО**, Москва: *С научной точки зрения правильны оба варианта приготовления кофе, и когда молотый порошок заливают кипящей водой, и когда используют холодную воду; это просто два разных режима экстракции, каждый из которых дает свой букет; по содержанию кофеина, скорее всего, особых различий быть не должно — он хорошо экстрагируется в любом случае.*

**Д.Г.**, Томск: *Литий, в отличие от других щелочных металлов, не хранят под слоем керосина, поскольку он все равно бы всплыл; да и вообще, на что вам дома щелочной металл?*

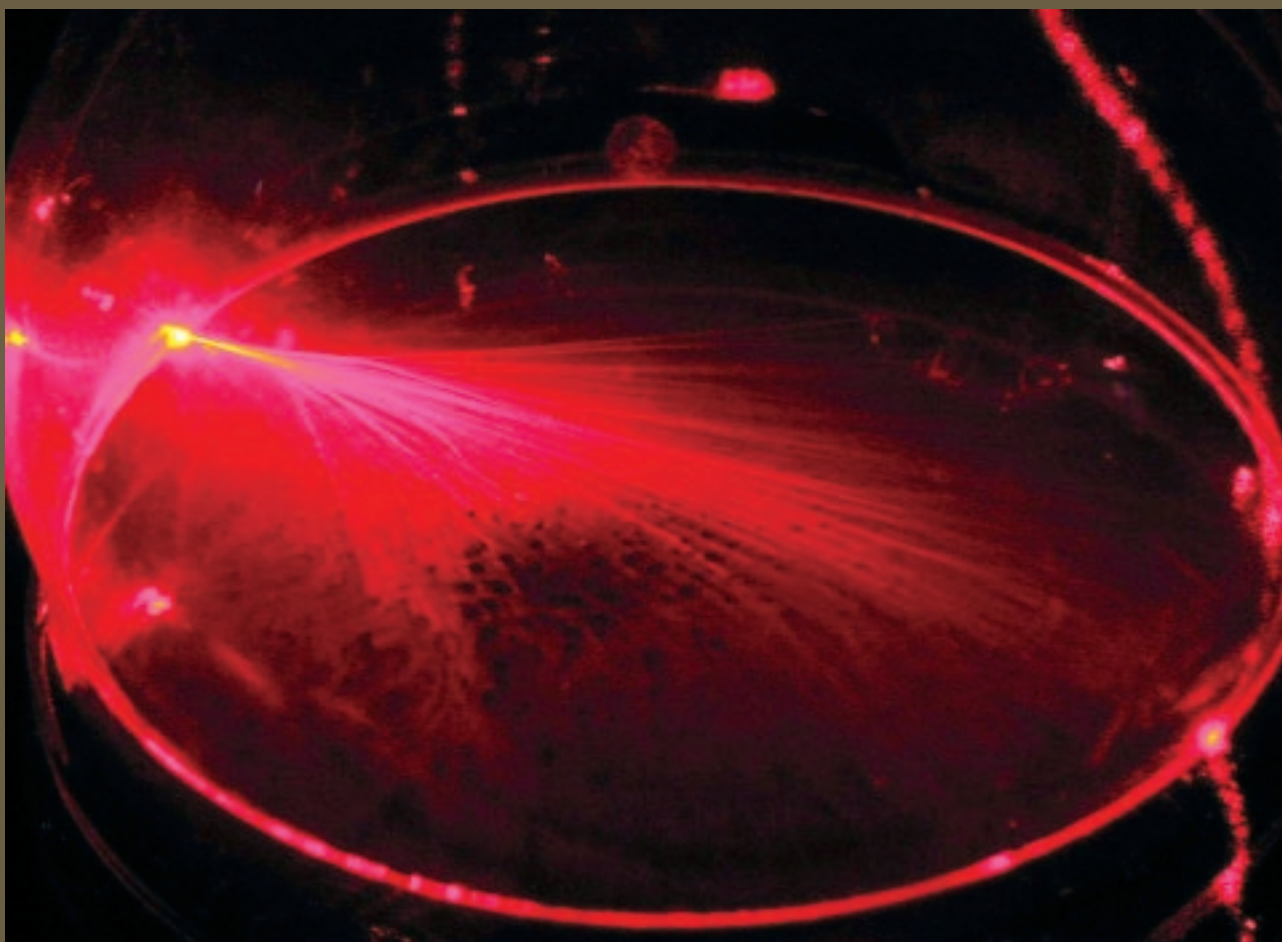
**А.ПЕТРОВУ**, Москва: *Загадочная «соль углеаммония», которая входит в состав макового рулета, сделанного на комбинате «Черемушки», — очевидно, карбонат аммония; при нагреве он распадается с выделением газов и поэтому служит разрыхлителем.*

**В.Ю.КОТЕЛЬНИКОВУ**, Благовещенск: *Ваше сообщение об очередном претенденте на шуточную Игнобелевскую премию 2004 года — самоотверженном исследователе механики испражнения пингвинов Викторе Бенно Мейер-Рохове из Бремена (<http://www.abc.net.au/news/newsitems/s1022596.htm>) — глубоко потрясло редакцию; желаем номинанту победы.*

**Г.К. и др.:** *Действительно, картинки в электронной версии журнала не всегда имеют такое хорошее качество, чтобы их можно было распечатывать, но ведь электронная версия гораздо дешевле бумажной...*

**В** физике не принято употреблять слово «чудо». Но авторы работы «Лазерный луч в мыльной пленке», А.В.Старцев и Ю.Ю.Стойлов, это слово используют. И правда, они наблюдали загадочное явление. Особенно же интересно, что рецепт эксперимента прост и доступен. Берется мыльная пленка и в нее вводится луч лазерной указки (авторы использовали разные лазеры, но нам с вами доступен сегодня только этот). Луч должен быть сфокусирован линзой с фокусным расстоянием 3–10 см на торце пленки. Ввести луч в пленку можно двумя способами. Или через торец пленки, но для этого пленку надо получить в прозрачной кювете или на прозрачной рамке. Или через плоскость пленки, но для этого луч должен идти по касательной к ней, под углом не более 5–6°, наткнуться на какую-то пылинку, попавшую в пленку, и рассеяться «в пленку».

Авторы объясняют наблюдаемое ими явление (см. фото) возникновением поверхностных поляритонов. На школьном уровне об этом объекте можно сказать всего лишь одну, но принципиально важную вещь. Из школы мы знаем, что волны бывают двух типов. Во-первых, электромагнитные волны, во-вторых — волны в среде. В твердом теле — поперечные и продольные, в жидкости и газе — только продольные... вспоминаете? Так вот, поляритоны — это третий вид волн, при распространении которых происходят колебания и электромагнитного поля, и среды. Причем эти колебания происходят независимо, они связаны. Но чтобы они были как-то связаны, среда должна быть не электрически нейтраль-



на, а с разделенными зарядами. В этом случае электромагнитное поле вызывает колебание зарядов и, следовательно, среды, а колебания среды возбуждают электромагнитное поле. Но в мыльной пленке разделение зарядов очень даже есть! Молекулы поверхностно-активного вещества выстроены вдоль поверхности одинаково заряженными концами в одну сторону.

Эти волны — вообще очень интересный объект изучения, поскольку они несут информацию именно о свойствах поверхности, которые труднее изучать, чем свойства объема. Изучать эти волны сложно еще и потому, что они быстро затухают — длина пробега поляритонов в видимой области спектра обычно не превышает 10 мкм.

Чудо состоит в том, что в обычных мыльных пленках толщиной от 10 нм до 10 мкм поляритонное излучение распространяется на десятки сантиметров, поляритоны самосжимаются и выглядят как тонкие каналы (усы). Все это показано на фотографии. Видно, что излучение в пленке идет не однородным расходящимся потоком, как в воздухе, а от точки фокуса разбивается на множество тонких усов, которые

не расширяются, а без заметного уменьшения своей яркости идут по пленке иногда на десятки сантиметров. Эти усы в свежих пленках постоянно десятки раз в секунду меняют направление и по виду напоминают изломанные каналы живой молнии, бассейны реки с притоками или фантастическое ветвистое дерево. Движение усов происходит без каких-либо четко видимых физических причин. Наиболее эффективно усы образуются при поляризации луча, перпендикулярной пленке (усы лучше наблюдать по ходу луча через выходную подложку), но при вводе через край пленки усы почти так же эффективно возбуждаются и при поляризации луча, параллельной плоскости пленки (усы лучше видны, если смотреть перпендикулярно к пленке). Во всех жидких пленках из всех доступных сортов мыла и из растворов химически чистых поверхностно-активных веществ при любых концентрациях картина усов была примерно одинакова.

Поскольку ни на поверхности мыльного раствора, ни в его объеме таких каналов нет, и нет даже в тонкой слюдяной пластинке, смоченной мыльным

раствором, то получается, что для образования усов нужны две близко расположенные пленки. То есть нужно, чтобы молекулы могли колебаться. В тонкой пленке лазерное излучение вызывает поляризацию длинных молекул мыла в обоих поверхностных слоях, эти молекулы начинают интенсивно взаимодействовать друг с другом, в результате чего образуются поляритонные колебания. Авторы считают, что интересно было бы исследовать липидные пленки, которые «применяются» в человеке.

Вы можете сами попробовать повторить эти эксперименты. Авторы утверждают, что это вполне реально. Луч лазерной указки должен фокусироваться длиннофокусной линзой (фокусное расстояние около 10 см) на торец пленки и идти в плоскости пленки с отклонением не более 1°. Пленку проще всего создать так — взять пластиковую бутылку с кольцевой канавкой, налить в нее мыльный раствор и взболтать. На кольцевой канавке повиснет пленка. В нее и вводят лазерный луч.

**Л.Намер**



<http://www.restec.ru/ctw>

РЕСТЭК  
ВЫСТАВОЧНОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ

**12-15  
октября  
2004**

Санкт-Петербург,  
ВЦ "Михайловский Манеж"  
Манежная пл., 2

тел. (812) 320-96-60  
e-mail: [chem@restec.ru](mailto:chem@restec.ru)

# ЦЕЛЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

специализированные  
конференции и выставки

**ХИМЭКСПО**

**ПЛАСТЭКСПО**

**БЫТОВАЯ ХИМИЯ**

**ЛАКИ. КРАСКИ**

**Резины и РТИ.**

**Шины. Каучуки**

**Агрохимия**

ISSN 1727-5903



9 771727 590006 >