



XXI век



3  
2006

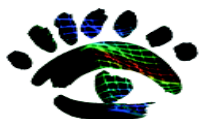
ЖИЗНЬ И ВРЕМЯ





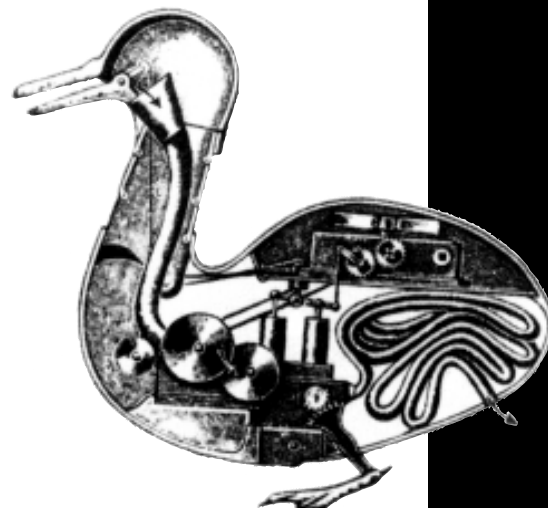


*Хочешь выглядеть  
моложе — говори,  
что ты старше.  
Константин Мелихан*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
к статье А.М.Дейчмана и Е.В.Котиной  
«Черный ящик генетического кода — 2»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина Хуана  
Понса «Дерево и улитка». Медленному существу  
очень важен правильный выбор пути, по возможности  
кратчайшего. Человек быстр, вот только времени  
у него мало. Поэтому проблема выбора пути для него  
не менее важна. Об этом читайте в статье  
«Рассуждение о кенигсбергских мостах».*







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

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Ответственный секретарь**  
М.Б.Литвинов  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**  
Б.А.Альтшулер, В.С.Артамонова,  
Л.А.Ашкинази, В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич, С.М.Комаров,  
О.В.Рындина

**Верстка**  
М.Д.Баженова

**Агентство ИнформНаука**  
О.О.Максименко, Н.В.Маркина,  
О.Б.Баклицкая-Каменева  
textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 29.02.2006  
Допечатный процесс ООО «Марк Принт  
энд Паблишер», тел.: (495) 136-37-47  
Типография ООО «Офсет Принт М»

**Адрес редакции:**  
105005 Москва, Лефортовский пер., 8

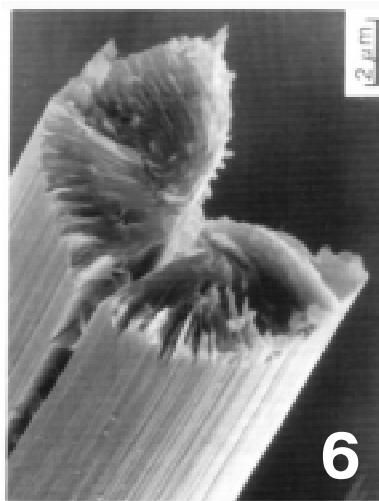
**Телефон для справок:**  
(495) 267-54-18,  
**e-mail:** redaktor@hij.ru

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»



Возможно, именно из этого  
материала будут сделаны  
несущие конструкции  
орбитального лифта —  
любимой мечты инженеров  
и фантастов.

**Химия и жизнь — XXI век**



В современной кардиологии применяют 15–20  
конструкций, заменяющих клапаны сердца.

<b>ИНФОРМАУКА</b>	
МАРСИАНСКИЕ ХРОНИКИ: БИТВА ЗА УРОЖАЙ .....	4
СО, ИДЕТ ПО СЛЕДУ .....	5
БЕТОН — ЛОВУШКА ДЛЯ МИКРОБОВ .....	31
ЛЕКАРСТВО ИЗ МОЛИ .....	31
<b>ТЕХНОЛОГИИ</b>	
<b>В.З.Мордкович</b>	
МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОРБИТАЛЬНОГО ЛИФТА .....	6
<b>ФОТОИНФОРМАЦИЯ</b>	
<b>С.Анофелес</b>	
НАНОТРУБКИ НА СЛУЖБЕ МИРА .....	11
<b>ФОТОИНФОРМАЦИЯ</b>	
<b>А.С.Синицкий</b>	
НАНОДОМ .....	12
<b>ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА</b>	
<b>Ю.В.Горшков</b>	
ОТ ЛЕПЕСТКОВ К ЛЕПЕСТКАМ, ИЛИ ЭВОЛЮЦИЯ ПРОТЕЗОВ КЛАПАНОВ СЕРДЦА .....	14
<b>ЗДОРОВЬЕ</b>	
<b>О.Л.Посух</b>	
ТАКАЯ РАЗНАЯ ТИШИНА .....	18
<b>ТЕХНОЛОГИИ</b>	
<b>И.В.Селиверстова</b>	
ЧИЩЕ ЧИСТОГО .....	24
<b>ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА</b>	
<b>Л.Хатуль</b>	
ДА, БУДЕТ СВЕТ .....	28
<b>ГИПОТЕЗЫ</b>	
<b>А.М.Дейчман, Е.В.Котина</b>	
ЧЕРНЫЙ ЯЩИК ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА — 2 .....	34
<b>РАЗМЫШЛЕНИЯ</b>	
<b>Л.В.Шуткин</b>	
ПАРАДИГМА МОДУЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ .....	38

45

Историю хитреца, который бежал из пещеры, где жил хозяин огромного стада, рассказывали во многих районах мира, хотя не везде героя звали Одиссеем...

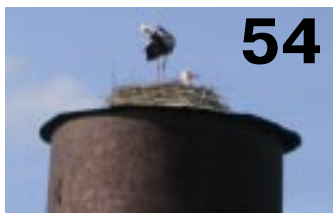


68



Фрески Сикстинской капеллы знакомы каждому культурному человеку. Может быть, поэтому не все замечают, что скрыто за гармоничными линиями.

54



Захочет ли аист поселиться рядом с вами?

4

## ИНФОРМАУКА

О салатной машине для марсианской экспедиции, о бетоне, несъедобном для микроорганизмов, о роли углекислого газа в природе и в аналитической химии, и о том, как из вредителя пасеки сделать лекарство.

18

## ЗДОРОВЬЕ

Известно несколько десятков генов, мутации в которых могут вызывать нарушения слуха. Но почему-то в некоторых странах подавляющее большинство случаев наследственной глухоты связано с мутациями в одном и том же участке 13-й хромосомы.

24

## ТЕХНОЛОГИИ

Очистка воды на дачном участке — дело непростое, требующее серьезной теоретической подготовки. Прежде всего нужно узнать, от чего, собственно, вы хотите очистить вашу воду. Самый простой вариант анализа включает определение 10–15 показателей...

28

## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

Срок службы у люминесцентных ламп в несколько раз больше, чем у ламп накаливания, у светодиодов — в сто раз больше. А вот светоотдача у них пока гораздо ниже. Можем ли мы сегодня сказать, при каком освещении будут коротать вечера наши внуки и правнуки?

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

**С.М.Комаров**

МОДУЛИ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА ..... 42

### АРХИВ

**Леонард Эйлер**

ЗАДАЧА О КЕНИГСБЕРГСКИХ МОСТАХ ..... 44

### РАССЛЕДОВАНИЕ

**С.А.Боринская**

МИФЫ ДАЛЕКОГО ПРОШЛОГО ..... 45

### А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ

**О.Куликова, А.Шеховцов**

О ПАРАЗИТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ МУЖСКОГО ПОЛА ..... 48

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

**Э.П.Зинкевич**

ЗАПАХ И ЖИЗНЬ ..... 50

### ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

**Г.С.Еремкин, М.В.Калякин**

БЕЛЫЙ АИСТ В ПОДМОСКОВЬЕ ..... 56

### ФАНТАСТИКА

**Константин Ситников**

В СЕРДЦЕ ХРУСТАЛЬНЫХ ГОР ..... 62

### ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ

**К.А.Ефетов**

СЕКРЕТНОЕ ПОСЛАНИЕ МИКЕЛАНДЖЕЛО В БУДУЩЕЕ ..... 68

### ИЗ ЖИЗНИ ПТИЦ

**Е.Н.Краснова**

К ВОРОНЕ С УВАЖЕНИЕМ ..... 72

ИНФОРМАЦИЯ 10,16,54,55, 60, 61

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 22

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 32

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72



## КОСМОС

### Марсианские хроники: битва за урожай

*Чтобы сохранить бодрость тела и духа в нелегкой марсианской экспедиции, ученые из Института медико-биологических проблем рекомендуют космонавтам выращивать на борту корабля свежую зелень. А чтобы эффективность и урожайность космической оранжереи были как можно выше, ученые разрабатывают специальную салатную машину. В этом их поддерживает Международный научно-технический центр ([berkovich@imbp.ru](mailto:berkovich@imbp.ru)).*

Вырастить салат в космосе — дело и впрямь нешуточное. В том, что это необходимо в длительных полетах, убеждать не приходится. Без свежей зелени человек долго не протянет, пусть даже и с самыми идеально подобранными поливитаминами, а полет до Марса, по прогнозам, займет около полутора лет. Но салат или, скажем, шпинат — субстанция скоропортящаяся, много ее с собой не возьмешь, не говоря уже о том, что каждый грамм багажа в этой экспедиции будет подвергнут самому тщательному рассмотрению.

Другое дело — вырастить зеленые витамины прямо на борту космического корабля. Плюсы этой затеи очевидны: растет салат быстро, отходов почти нет, растение неприхотливое, а из одного маленького зернышка может вырасти весьма солидный экземпляр, особенно если салат кочанный. Кроме того, витаминная грядка в космосе могла бы улучшить не только рацион космонавтов, но и психологическую обстановку на борту корабля. Ведь приятно посмотреть на нежную зелень молодых, таких земных листьев, сорвать салат прямо с грядки, положить листик на бутерброд...

Однако в ситуации, когда на счету каждый грамм веса и соответственно каждый ватт электроэнергии, производительность космического огорода дол-

жна быть максимальной, а затраты бортовых ресурсов на него — минимальными. Придумать, а затем и сделать устройство, удовлетворяющее столь противоречивым требованиям, нелегко. Однако ученые из Института медико-биологических проблем трудностей не побоялись и необходимую технологию разработали. А теперь разрабатывают и само устройство — так называемую салатную машину, то есть установку для производства витаминной зелени на борту пилотируемого космического корабля. Работали московские ученые вместе с американскими коллегами, специалистами из Космического центра им. Дж.Кеннеди НАСА, а поддерживал их исследования Международный научно-технический центр. Есть планы испытать салатную машину на новом российском модуле МКС.

Внешне эта машина похожа на длинную мясорубку, только вместо шнека крутят посадочный цилиндр, напоминающий связку карандашей, а наружный корпус имеет форму спирального цилиндра, как у центрального вентилятора. На самом деле в посадочный цилиндр вставляют, конечно, не карандаши, а валики, скрученные из ионообменного материала, пропитанного удобрениями и напоминающего по структуре плотный войлок. В продольную прорезь на внешней поверхности каждого валика космонавты будут сажать семена салата — как на настоящей грядке. Сложная система контроля давления обеспечит такие условия, чтобы воды в войлочном валике было ровно столько, сколько нужно, не больше (иначе корни растений загниют) и не меньше (иначе все пересохнет). Нормальной силы тяжести в полете не будет, а капиллярные силы будут действовать примерно так же, как на Земле. Все это необходимо было предварительно протестировать, а потом уже испытывать на Земле и в космосе.

По внутренней поверхности спирального кожуха «мясорубки» распределены несколько сотен красных и синих светоизлучающих диодов, которые заменяют растениям солнце. В невесомости для растений не будет верха и низа, поэтому салат начнет тянуться к ближайшему источнику света. Так что марсианская грядка будет напоминать ершик с рядками растений разной дли-

ны — от проростков на входе до взрослого салата на выходе. Есть в устройстве и еще одна хитрость: посадочный цилиндр с растениями время от времени поворачивается, как шнек у мясорубки, но лишь на часть оборота! Причем так, чтобы крыша над головой растений соответствовала их росту. Над грядкой с маленькими ростками крыша будет совсем низко, а над готовыми, почти зрелыми — высоко, чтобы им не приходилось нагибаться. Это нужно для экономии энергии, пространства и веса.

Детали устройства изобретатели пока не афишируют, но в целом принцип действия понятен. Через люк в кожухе космонавт посадит семена в первый валик, который находится ближе всего к поверхности кожуха с источниками света. Через четыре дня он повернет на 1/6 оборота (60°) посадочный цилиндр с взшедшими проростками в ту сторону, где расстояние до световых источников несколько увеличено, и посадит семена в следующий валик, который займет положение первого. Еще через четыре дня — снова поворот на 60° и посадка семян в следующий валик. Продолжая в том же духе, через 24 дня космонавт срежет готовый салат с первого валика, повернет посадочный цилиндр и посадит новые семена в этот же валик, а через четыре дня вновь повторит все эти операции. Всего валиков шесть, и за 24 дня (по четыре дня на сектор) растения пройдут полный цикл от семян до зрелых растений. Так каждые четыре дня от важные путешественники и по совместительству огородники будут собирать урожай и сажать новые семена. Пока мощность опытного образца салатной машины позволяет обеспечить витаминами одного космонавта — это около 200 граммов свежей зелени каждые четыре дня. Неплохой пучок. Но в перспективе машина может давать много больше салата, нужно только увеличивать длину посадочных валиков и количество источников света.



Помимо разработки собственно конструкции салатной машины, ученые планируют провести исследования еще по двум направлениям. Первое — это влияние микрофлоры растений в полете на микрофлору в каюте и в организме человека. Дело в том, что даже в условиях очень слабой, но постоянной радиации в космосе всяческие микроорганизмы проявляют совершенно новые свойства. Например, появляются бактерии, которые начинают пожирать материалы, в нормальной земной жизни для них практически несъедобные, скажем, химически и радиационно устойчивый пластик. Поэтому необходимо заранее выяснить, что за микроорганизмы через месяцы полета могут появиться в почвозаменителе. Не исключено, что салат придется специальным образом обрабатывать, прежде чем съесть. Это надо выяснить еще на Земле. Второе направление — разработка рекомендаций, сколько зелени необходимо и достаточно космонавту в полете. Это тоже не так просто, как кажется.

Впрочем, у коллектива и его руководителя, доктора технических наук Ю.Берковича, огромный и успешный опыт работы: он был одним из авторов космической оранжереи «Свет», десять лет безотказно проработавшей на борту орбитальной станции «Мир», пока ее не утопили. Так что и для полета на Марс ученые наверняка разработают отличную салатную машину. К ней бы еще и космическую кофеварку, и почти домашний уют и комфорт путешественникам будут обеспечены. А это залог успеха всей экспедиции.

## ТЕХНОЛОГИИ

### CO<sub>2</sub> идет по следу

*Определить концентрацию в воде ничтожно малых, а порой и весьма вредных примесей позволяет метод, который недавно разработали московские химики из МГУ им. М.В.Ломоносова. Важнейшее достоинство метода, наряду с его эффективностью, — экологическая безопасность. Ведь извлекать токсикианты из воды будет любимый реагент «зеленых химиков» — сверхкритический CO<sub>2</sub> (revelsky@environment.chem.msu.ru).*

Биологам и экологам понадобился метод, который позволял бы определять в воде содержание различных органи-



ческих соединений в концентрациях, выражающихся в миллиардных долях процента! Биологам это нужно, чтобы по следовым количествам некоторых веществ, как по маркерам, определять важнейшие параметры жизнедеятельности обитателей рек, озер и прочих водоемов. У экологов свои задачи: они следят за чистой природной и питьевой воды, поэтому тщательно отслеживают все, даже потенциально опасные примеси. Кроме того, по этому следу они могут выйти на источник «отравы», то есть буквально выследить тех, кто отравляет воду хлорфенолами, нитрозаминами и прочими токсикантами.

Однако поставить проблему куда проще, чем ее решить. Чтобы найти следовые количества одних веществ в других, в данном случае — в воде, аналитики обычно используют так называемое концентрирование. Поскольку концентрации определяемых веществ крайне малы и обычно незаметны для большинства приборов, пробы приходится долго и утомительно готовить. Например, экстрагировать искомое соединение из воды большими объемами органических растворителей, затем концентрировать полученные растворы, проще говоря, упаривать, и только потом анализировать полученный образец.

В результате ситуация складывается парадоксальная: в борьбе за чистоту воды загрязняется атмосфера! Ведь растворители и сами по себе бывают довольно токсичными, а в процессе упаривания их собирают крайне редко. Надо признать, что в самом лучшем случае испаритель ставят под тягу, оснащенную на выходе фильтрами, но в большинстве случаев весь лишний растворитель попадает в атмосферу лаборатории или по высунутому в форточку шлангу — прямо в воздух на улице.

В этой ситуации вариант, предлагаемый химиками-аналитиками Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, кажется почти панацеей. В качестве растворителя для экстракции они научились использовать так называемый сверхкритический флюид — диоксид углерода, перегретый и сжатый до сверхкритического состояния.

В этом не похожем ни на газ, ни на жидкость состоянии углекислота приобретает свойства очень хорошего и почти универсального растворителя. И те органические вещества, которые есть в воде, с большой охотой перебираются во флюид. Конечно, условия, в которых процесс экстракции идет наиболее эффективно, авторам пришлось подбирать специально, но это им удалось. Затем примеси улавливают особым картриджем, пропуская через него экстракт. А весь ставший ненужным CO<sub>2</sub> после анализа можно без всякого вреда выпустить в атмосферу. И никаких хлористых метиленов, гексанов и прочей отравы!

Разумеется, если определяемых веществ было крайне мало, проанализировать потом улов все равно трудно. Но и эту задачу химики под руководством профессора Игоря Ревельского решили. На заключительном этапе анализ проводят на специальном, очень точном, но вполне традиционном приборе — газовом хроматографе или хроматографе и масс-спектрометре, в котором молекулы определяемых веществ сначала дробят на отдельные фрагменты, затем их определяют, а потом восстанавливают по ним структуру исходных анализируемых веществ. Хлопотно, зато точно и наверняка.

По договору с Московским комитетом по науке и технологии авторы проверили образцы воды Рублевской станции водоподготовки Москвы и посмотрели, что в них остается после обработки ультразвуком и озонирования. Вода, что приятно, оказалась довольно чистой, во всяком случае — в пределах стандартов. А вот судьба органических микропримесей до и после обработки пока не ясна — образуются новые вещества, часть из которых не идентифицирована. Так что над этим еще надо поработать. Но подходящий метод анализа, по крайней мере, теперь уже есть.



## для орбитального лифта

**С**верхпрочное и при этом тонкое до невидимости волокно — предмет давних мечтаний инженеров. Множество чудес можно совершить при помощи этого материала, вплоть до постройки фантастического орбитального лифта. Такой подъемник, перевозящий людей с поверхности Земли на орбитальные станции, впервые предложил ленинградский инженер Ю.Н.Арцутанов («Комсомольская правда», 1960, 31 июля). В 1960-е годы исследователи думали, что основой сверхпрочного волокна станут длинные бездефектные монокристаллы алмаза (алмазные усы), и мечтали именно о них. Знаменитый фантаст Артур Кларк даже посвятил идее орбитального лифта на алмазном волокне последний свой роман «Фонтаны рая» (1978). Но про алмазное волокно постепенно забыли, столкнувшись со скучными проблемами дороговизны и техническими трудностями. Однако всемирный бум интереса к новой форме углерода — углеродным нанотрубкам — возродил и мечты о сверхпрочном материале, только на этот раз не из алмаза, а из углеродных волокон, основанных на нанотрубках. Во всяком случае, новый, широко разрекламированный в 2003 году NASA проект орбитального лифта рассчитан именно на такие волокна. Ученые NASA утверждают, что в ближайшие 50 лет проект станет реальностью, они даже рассчитали время путешествия на орбиту (около 24 часов) и стоимость билета на «лифт» (около 5 долларов). Углеродные нановолокна в последние годы действительно начинают переходить из лабораторий в промышленную практику.

Новый материал — это, говоря по-простому, пряжа из сверхтонких мономолекулярных углеродных волокон, диаметром меньше 0,1 мкм каждое (отсюда приставка «нано», указывающая на типичный диаметр в несколько десятков нанометров). Такой материал имеет необыкновенно высокий модуль упругости и предел прочности на разрыв: если его сделать толщиной с человеческий волос (50 мкм), то он выдерживает груз массой 2 кг, в то время как стальная проволока той же толщины — только 200 г. Другие важнейшие свойства углеродных нановолокон — это высокая электропроводность, высочайшая коррозионная стойкость, постоянство механических свойств при самых разных температурах (от криогенных до 1000°C и выше) и прекрасная совместимость с живыми тканями.

Углеродные нановолокна — это ближайшие родственники обычных микронных углеродных волокон, которые и сами появились относительно недавно. Несмотря на это, углеволокно уже широко используют в промышленности и выпускают объемом свыше десяти тысяч тонн в год. Его так активно совершенствуют, что некоторые его свойства, в частности проч-

ность, улучшились по меньшей мере вдвое за последние десять лет. Однако нановолокна, о которых у нас пойдет речь, уже сегодня обгоняют по всем параметрам обычные углеродные и к тому же имеют значительные резервы роста.

### Углеродные волокна

Чтобы понять, чем замечательны нановолокна, разберемся сначала с обычными углеродными нитями. Все углеродные волокна можно разделить на несколько типов в зависимости от того, как и из чего они сделаны (рис. 1). (Впрочем, сейчас более принято их классифицировать по механическим свойствам.)

Самый очевидный способ производства — обугливание натурального или синтетического текстильного волокна без доступа воздуха. Так можно обработать лен, хлопок и нейлон, однако в практику вошли углеродные волокна на основе вискозы и полиакрилонитрила (ПАН). ПАН-волокна — абсолютные лидеры, их доля в мировом производстве составляет 80%. Их толщина, естественно, примерно равна толщине исходного текстильного волокна (около 3–5 мкм), а свойства зависят в первую очередь от параметров обугливания, которое происходит в несколько этапов и завершается отжигом в вакууме или атмосфере инертного газа при 2000–3000°C.

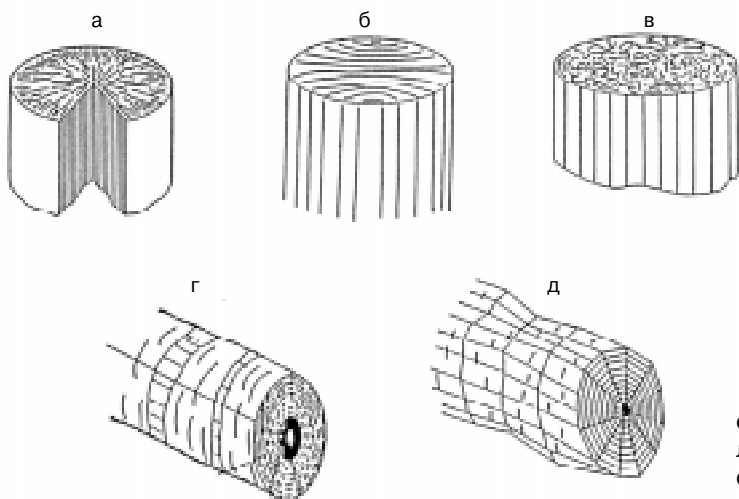
Здесь надо сделать небольшое техническое отступление. Основные характеристики волокна — это прочность (или прочность на разрыв), жесткость волокна при растяжении (модуль продольной упругости) и максимальное удлинение, при котором нить не рвется (предельная деформация). Понятно, что в существующих материалах пока не удалось достичь нужного сочетания свойств, иначе поиски не продолжались бы.

Углеродные волокна даже одинакового происхождения и одинаковой толщины могут иметь совершенно разные

1  
Виды углеродных волокон по происхождению







2

**Строение углеродных волокон:****а** – мезофазное пековое волокно со звездчатым поперечным сечением;**б** – мезофазное пековое волокно со слоистым поперечным сечением;**в** – ПАН-волокно;**г** – газовое волокно;**д** – газовое волокно после отжига при 3000°C

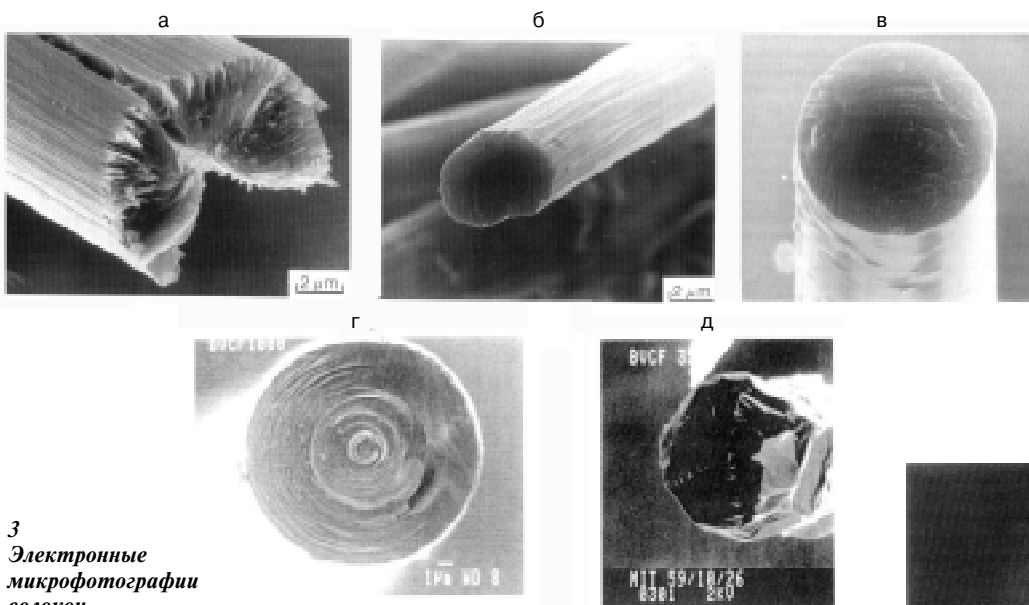
механические свойства, и здесь все зависит от строения волокна. ПАН-волокно (рис. 2, 3в) имеет довольно сложное строение и состоит из множества трубчатых элементов, соединенных в трехмерную структуру. За счет взаимного перекрывания трубчатых элементов нить получается прочной, но, поскольку внутри много пор, она имеет не очень высокую жесткость.

Другой важный вид волокон, пековые, делают из каменноугольных или нефтяных пеков — остатков вакуумной перегонки каменноугольной смолы или нефтяного гудрона. Технология в этом случае такая: сначала из густой пековой массы через фильеру вытягивают нити, потом обрабатывают их по схеме, напоминающей термо-

обработку ПАН-волокон. Типичный диаметр пекового волокна, как и у ПАН-волокна, несколько микрон. Свойства этих волокон зависят не от режима обработки, а от свойств сырья: в зависимости от пека получают либо изотропные волокна, либо анизотропные (мезофазные) волокна. В последнем случае (рис. 2а, б, 3а, б) нить — это прямые графитовые ленты или чешуйки, расположенные вдоль оси волокна. На срезе видно, что эти чешуйки образуют различные укладки: звездчатые, слоистые и беспорядочные. Благодаря такому строению пековое волокно имеет большой модуль упругости (большую жесткость при растяжении), но зато оно не очень прочное, поскольку эта важная характеристика целиком зависит от длины чешуек.

Наконец, третий важный вид волокон — газовые волокна, которые первыми вошли в мировую практику, но потом быстро уступили место конкурентам. Газовые волокна получают разложением углеродсодержащих газов (метана, этилена, ацетилена, монооксида углерода и т. д.) на металлическом (чаще всего железном) катализаторе при температуре 500–1500°C. О том, как это возможно, — чуть ниже. Выращенные таким образом нити, как правило, тоже отжигают в вакууме или атмосфере инертного газа при 2000–3000°C. Свойства этих волокон зависят от параметров выращивания и отжига. Газовые волокна, в отличие от пековых

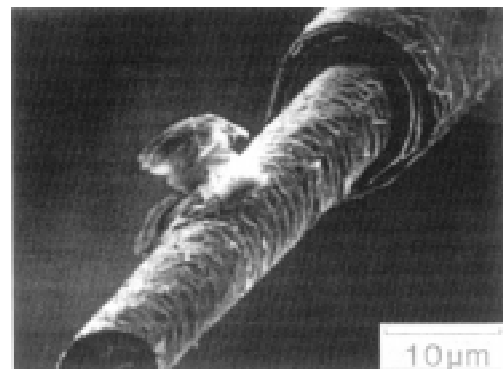
и ПАН-волокон, пока не удастся сделать длинными — получается нить от нескольких микрон до нескольких десятков сантиметров. Естественно, из них невозможно сделать текстильное (непрерывное) волокно, а можно только прерывистое (штапельное), поэтому и область их применения ограничена. И это несмотря на их огромное преимущество — диаметр нити может



3

**Электронные микрофотографии волокон****а** – мезофазное пековое волокно со звездчатым поперечным сечением;**б** – мезофазное пековое волокно со слоистым поперечным сечением;**в** – ПАН-волокно;**г** – газовое волокно;**д** – газовое волокно после отжига при 3000°C

4  
Типичный разрыв газового волокна под нагрузкой



быть сколь угодно малым, поскольку он определяется не толщиной исходного материала, как у других, а теоретически минимальным диаметром углеродной трубки, равным толщине одной молекулы (0,7 нм).

Газовые волокна (рис. 2 и 3 г) состоят из множества вложенных друг в друга трубок и имеют, соответственно, пустую сердцевину. После отжига малоупорядоченные углеродные слои кристаллизуются в графитовые чешуйки размером несколько микрон и превращаются, таким образом, из трубчатых элементов в многогранные (рис. 2 и 3 д). Такое строение могло бы обеспечить нужное сочетание свойств — высокую жесткость с высокой прочностью, но только в том случае, если бы было хорошее сцепление между концентрическими трубками. А на самом деле это сцепление слабое, поэтому типичный разрыв газового волокна похож на меч, выходящий из ножен (рис. 4). В результате у газовых волокон очень большой разброс свойств и соответственно низкая надежность.

Нановолокна, о которых речь пойдет дальше и которые стали очередным «прорывом» и «качественным скачком», — это, собственно, газовые волокна диаметром меньше 0,1 мкм. При таких размерах свойства, особенно прочность, качественно меняются (рис. 5).

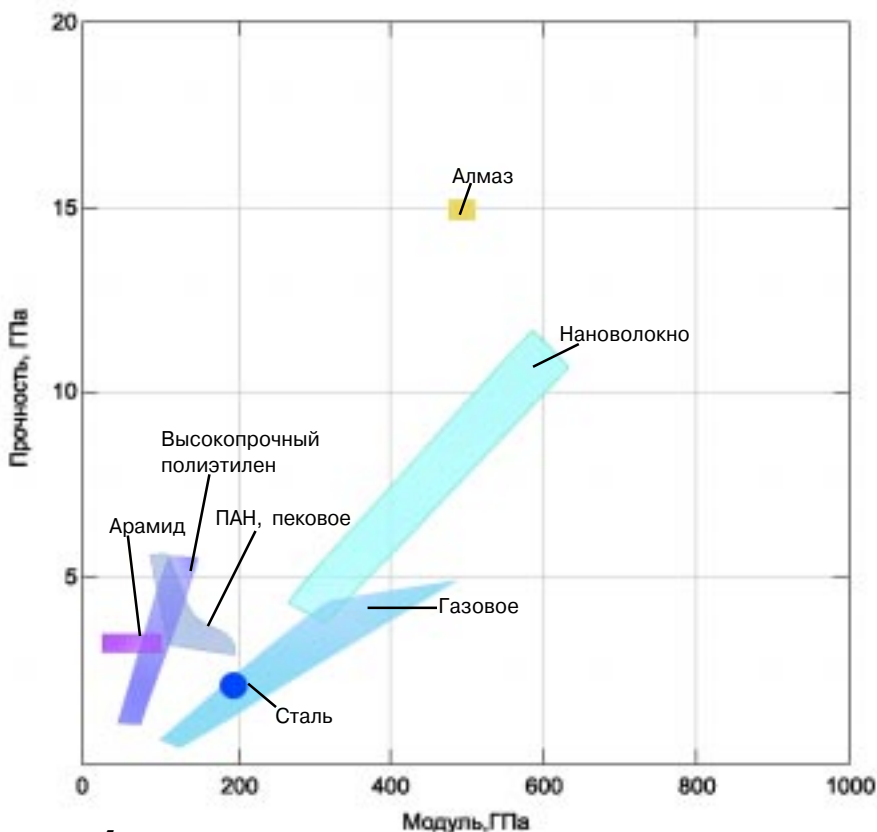
## Переход к наноразмерам

Исследователи давно заметили, что уменьшение диаметра газового волокна приводит к постепенному улучшению механических свойств. Причем по мере приближения к пороговому значению 1 мкм, определяющему переход от волокна к нановолокну, эта тенденция все заметнее.

Методы получения нановолокон в общих чертах такие же, как у обычных газовых, но, безусловно, здесь есть ноу-хау, которые производители обычно не раскрывают. Однако общие схемы известны, поскольку их разрабатывали в течение последних двадцати лет в нескольких конкурирующих научных центрах. Наиболее серьезный вклад в этой области внесла лаборатория профессора Моринобу Эндо (университет Синсю, Япония). Углеродсодержащий газ (метан, этилен, ацетилен, монооксид углерода, пары бензола или этилового спирта) разлагает на катализаторе, основой которого служит железо, при температуре 500–1500°C.

Вырастить волокно из газа можно двумя способами: на подложке либо в потоке газа (рис. 6). При первом способе графитовую или керамическую подложку красят «железной краской», то есть взвесью тонкого порошка железа в органическом растворителе, а во втором случае к газу просто добавляют летучее соединение железа (например, карбонил железа или ферроцен  $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ). Еще разница в том, что на подложке удается получить более длинные волокна (до нескольких десятков сантиметров), тогда как в потоке газа — всего несколько миллиметров, но зато в потоке они образуются непрерывно.

Сам же процесс роста нити в обоих случаях одинаков. В его основе — разложение углеводородов на водород и углерод на поверхности катализатора. Частицу катализатора обволакивает углеродная пленка-зародыш, которая начинает расти в одну сторону, вытягиваясь в нанотрубку, причем направление роста, как предполагают, задается осью роста нанокристалла катализатора. Исследования показали, что, по мере того как рост в длину



5

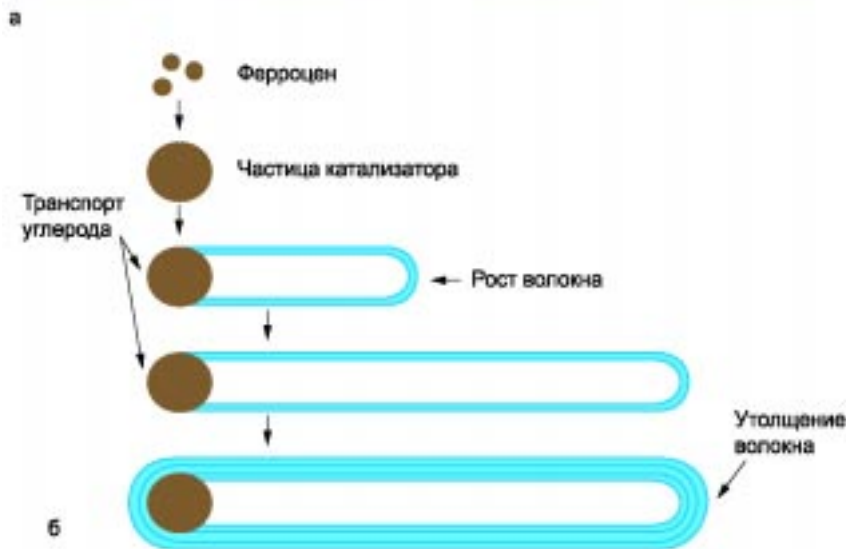
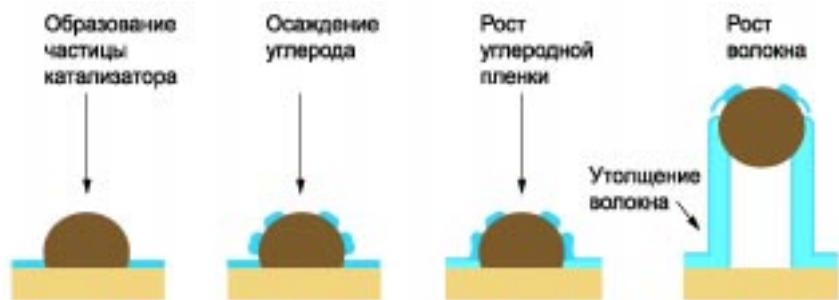
Сравнение механических свойств различных волокон

замедляется, начинается утолщение за счет осаждения атомов углерода на боковую поверхность волокна. Кроме того, растущее волокно захватывает частицу катализатора, и получается так, что каждое волокно заканчивается «шапочкой» из металлического микрокристалла.

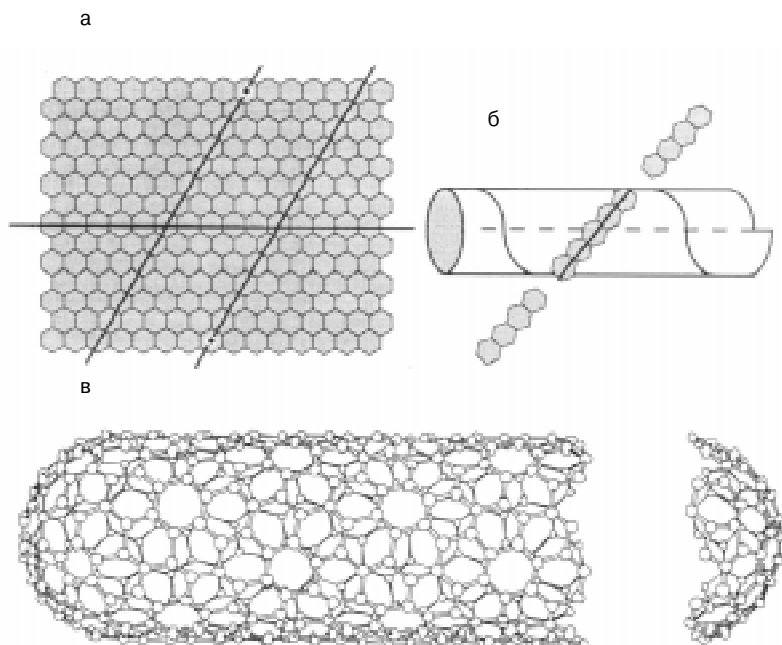
Хотя схема кажется простой, однако на практике выращивание нановолокон — это сплошные тонкости и детали, поскольку процесс зависит от многих параметров. Шаг в сторону, и вместо нановолокна получается обычное микронное. Вообще, этот процесс возможен, потому что рост волокна в длину и его утолщение при соблюдении нужных параметров происходят не одновременно. Сначала, при более низких температурах, волокно растет в длину и только потом утолщается. Если немного повысить температуру или если катализатор окажется чуть менее активным — волокно начинает расти в толщину и превращается в обычное микронное. Очень важны состав газа, количество паров воды в смеси и многие другие параметры, которые исследователи оптимизировали двадцать лет. Конечно, немало зависит и от катализатора, причем не только выход продукта и скорость реакции, но и толщина образовавшегося волокна, поэтому для новых волокон и катализаторы должны иметь наноразмеры — не больше 20 нм в поперечнике.

Нановолокна имеют такое же трубчатое строение, как и микронные газовые, — разница в масштабе и в том, что составляющие его трубки — это отдельные молекулы, а не папье-маше из графитовых чешуек. Именно это дает принципиально новые свойства.

Идеальная модель нанотрубки с рекордными параметрами могла бы выглядеть так (рис. 7): графитовый лист сворачивают, совмещая верхний и нижний края с образованием цилиндра, при этом в его стенке получается лента из углеродных шестиугольников, по спирали опоясывающая трубку. Если лист свернуть по-другому, то получится трубка другого диаметра и другого рисунка. Ис-



6  
Рост газовых волокон, в том числе нановолокон:  
(а) — на подложке; (б) — в потоке газа



7  
Схема образования идеальной мономолекулярной углеродной трубки из графитового листа:  
а, б — графитовый лист сворачивают так, чтобы совместить верхний и нижний края с образованием цилиндра  
в — при сворачивании происходит сдвиг и формируется лента из углеродных шестиугольников, по спирали опоясывающая трубку

ходный графитовый лист — это единая плоская молекула с сопряженными связями и, как следствие, с необыкновенно высоким модулем упругости 1000 ГПа и высокой прочностью на разрыв 20 ГПа. Но в обычных кристаллах графита отдельные листы связаны между собой крайне слабыми силами Ван-дер-Ваальса, поэтому графит — материал чрезвычайно непрочный. Свернутая же из графитового листа нанотрубка наследует механические свойства листа и одновременно получает преимущества трубчатой конструкции: бездефектная углеродная нанотрубка теоретически будет иметь модуль упругости 1800 ГПа и прочность не менее 30 ГПа. Это своего рода рекорд, поскольку превосходит даже параметры алмазных монокристаллических усов, которыми все так увлекались раньше. Чем ближе строение получившегося нановолокна к описанной идеальной модели (то есть чем меньше в нем дефектов) и чем длиннее отдельное волокно, тем ближе его параметры прочности к фантастически высоким значениям.

На практике нановолокна могут состоять из нанотрубок, имеющих от одного до ста трубчатых мономолекулярных слоев-стенок. А если нанонити растить из ацетилена и добавить чуть-чуть фосфора, то получатся спиралевидные нановолокна, похожие на пружинки (рис.8). Они такие же прочные, как и остальные, зато почти такие же эластичные, как резина. К сожалению, этот замечательный материал еще не нашел применения.

## Головокружительные перспективы

Куда же пойдет такой суперматериал? В первую очередь туда же, куда в последние десятилетия идут обычные углеродные волокна. Проблема пока в том, что цена нановолокна (впрочем, как и ПАН-волокна высококачественной марки) составляет 1–5 тыс. долларов за килограмм. Возможно, цену удастся снизить до 40–50 долларов (такова сегодня цена волокна общего назначения), но все равно это существенно выше стоимости основных материалов-конкурентов (рис. 5) — высокопрочных арамидных полимерных волокон, высокопрочного полиэтилена — и несравнимо с ценами на текстильное стекловолокно. Сегодня выпуск текстильного стекловолокна достиг 1 млн.т/год (2001), тогда как суммарный выпуск углеродных волокон 10 тыс. т/год (2001), и их мировой рынок за последние двадцать лет растет в среднем на 5% в год. Поэтому о массовом производстве еще более дорогих нановолокон пока говорить не приходится, но, как только снизится цена (а такая возможность есть), безусловно увеличится и производство.

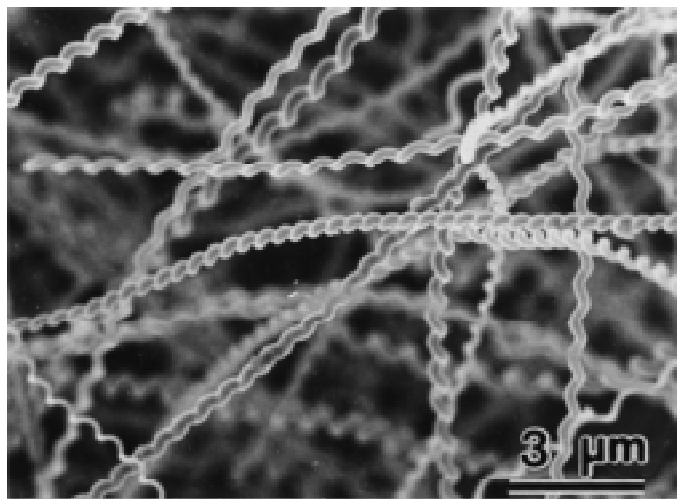




## ТЕХНОЛОГИИ

Все же внутри уже существующего рынка углеродных волокон в ближайшем будущем нановолокна наверняка начнут частично вытеснять ПАН-волокна, и прежде всего там, где требуется высокая прочность. То есть в углепластиках и углерод-углеродных композитах для авиакосмической и спортивной индустрии, а также в строительстве. Последняя область практически неисчерпаема: районы вечной мерзлоты, сейсмоопасные районы, а также все конструкции, где сверхвысокопрочные углеродные волокна необходимы как коррозионностойкая упрочняющая обмотка (опоры мостов, транспортных эстакад, высотных зданий и пр., ригели, балки, фермы, колонны). Казалось бы, мелочь, а такая обмотка снижает в десятки раз риск разрушения от изгибающих и сдвиговых нагрузок. В Японии даже принята программа реконструкции и укрепления всех мостов и транспортных эстакад углеродным волокном. Правда, пока — обычным.

Вообще при любом ремонте, укреплении и реставрации любых материалов и сооружений в качестве последнего слова техники можно использовать углеродное волокно. Бункеры, башни и градирни, нефтяные платформы, подпорные стенки, мосты, трубы, тоннели, гидравлические и портовые инженерные сооружения... В Москве и Новороссийске подобные проекты уже реализует швейцарская компания «S&P Clever Reinforcement Company AG» через ЗАО «Триада-Холдинг». Кстати, хотя сверхвысокопрочные волокна (то есть углеродные высокого класса) в основном производят в Японии, существует и российское ПАН-волокно, его делают на Челябинском электродном заводе и в Федеральном государственном научно-исследовательском институте конструкционных материалов на основе графита (НИИ графит, Москва).



8

*Электронная микрофотография спиралевидных нановолокон, образующих «углеродную резину»*

Технологию нановолокон освоили пока только два производителя: японские компании «Сева Дэнко» и «Мицубиси». Производство начали в 2001 году, объем его — несколько сот килограммов в год, и пока оно идет на строительство в сейсмоопасных районах, производство углерод-литиевых батарей для сотовых телефонов, стартовых конденсаторов для электроники и электропроводящей тефлон-углеродной ленты. Орбитальный лифт пока в будущем.

### Что еще можно прочитать об углеродных волокнах

Мордкович В.З. Теоретические основы химической технологии. 2003, т.37, № 5.  
Елецкий А.В. Успехи физических наук. 1997, т.167, № 9.  
Раков Э.Г. Журнал неорганической химии. 1999, т.44, № 11.  
Зеленский Э.С., Куперман А.М., Горбаткина Ю.А. и др. Российский химический журнал. 2001, т.44, № 2.



## ChemBridge Corporation

В связи с открытием новых лабораторий ChemBridge Corporation **приглашает на постоянную работу:** руководителя группы исследований и разработки отдела комбинаторной химии; химиков-синтетиков.

### Требования:

высшее образование;  
опыт экспериментальной работы в области тонкого органического синтеза  
(для выпускников профильных вузов  
трудоустройство не обязательно).

### Условия работы:

оклад 11000-30000 рублей  
(по результатам собеседования);  
достойные ежеквартальные и годовые премии;  
социальный пакет

### Присылайте резюме:

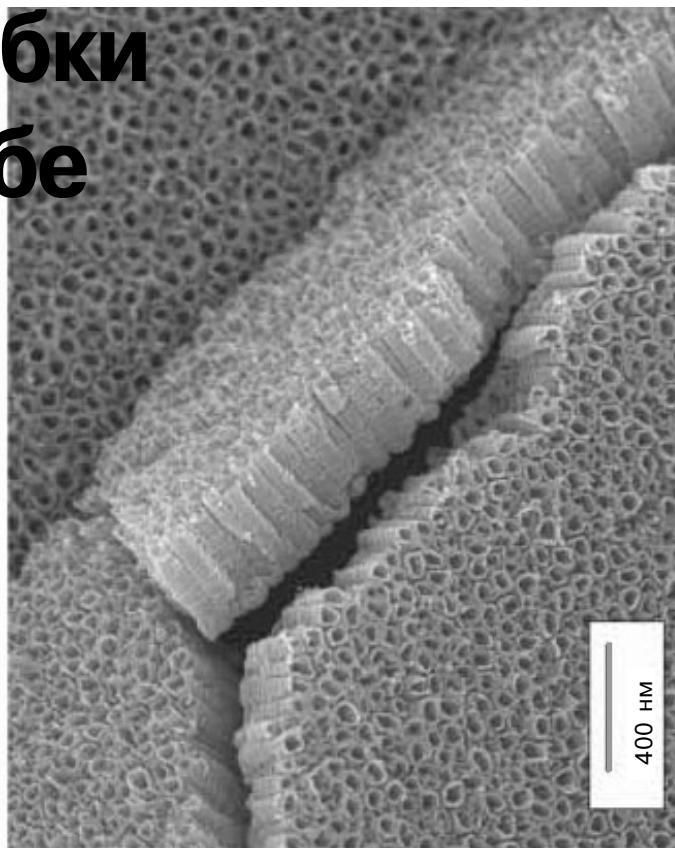
[vacancy@chembridge.ru](mailto:vacancy@chembridge.ru);  
[kurakin@chembridge.ru](mailto:kurakin@chembridge.ru)  
[www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru)

Телефон: (495) 775-06-54, доб. 12-01, 10-95

# Нанотрубки на службе мира

Обычно перед существительным «нанотрубки» ставят прилагательное «углеродные». Однако это отнюдь не единственный вид маленьких полых объектов. Нанотрубки можно делать также из оксидов металлов (о «флейтах для Дюймовочки», синтезированных из оксида алюминия см. в апрельском номере журнала за 2002 год). Нанотрубки из оксида, а именно оксида титана, послужили источником вдохновения для группы ученых Пенсильванского университета (США) во главе с профессором Крейгом Гримсом. Они научились синтезировать протяженные листы, подобные сотам осинового гнезда, содержащие многие тысячи нанотрубок. Как оказалось, этот материал обладает весьма интересными свойствами.

Когда речь заходит о неорганических нанотрубках, ученые указывают на их чрезвычайно высокую пористость и предполагают, что в первую очередь из них сделают сорбенты или носители для катализатора. Пенсильванские ученые пошли другим путем и решили применить свои нанотрубки для



получения энергии, причем как для прямого превращения солнечного света в электричество, так и для выработки водорода. Про водородную энергетику нынче говорят очень много, однако, указывая на бесспорные преимущества такого вида топлива (выхлоп в виде чистой воды и независимость от неспокойной обстановки на Ближнем Востоке), энтузиасты этого направления забывают сказать, что весь водород на поверхности Земли давным-давно сгорел и превратился в воду, и чтобы снова вернуть его в газообразное состояние, нужно затратить немало энергии на

электролиз. Брать ее, скорее всего, будут с ядерных электростанций, которые трудно назвать самыми экологически чистыми творениями рук человека. Вот если бы разлагать воду на составляющие каким-то другим способом, тогда мечта о «зеленой» энергетике приблизилась бы к своему осуществлению. Один из таких способов — фотолиз, то есть разложение воды под действием света.

«Высокоупорядоченные блоки нанотрубок из оксида титана оказались превосходным реактором для фотолиза воды, — рассказывает профессор Гримс. — Наши опыты показывают, что если



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

налить воду поверх такого материала, а потом осветить ее ультрафиолетом, то эффективность фотолиза составит 13,1%. Это дает очень большой выход водорода на один фотон. Сейчас мы стараемся сдвинуть длину волны фотолиза в область видимого света. Если работа увенчается успехом, у нас в руках будет основа для коммерческого производства водорода с помощью солнечной энергии. А это путь к прекращению безостановочных ближневосточных конфликтов из-за нефти».

В солнечных батареях нанотрубки из оксида титана могут сыграть другую роль. Ученые из группы Гримса предлагают покрывать прозрачным слоем трубок поверхность отрицательного электрода: из них получатся своеобразные лифты, по которым фотоэлектроны смогут быстро покинуть зону реакции и попасть в электрическую цепь. Оксидные нанотрубки стоят не очень дорого, а работают столь хорошо, что американские ученые уверены: способ резкого увеличения эффективности солнечных батарей не за горами.

**С.Анофелес**

## Фотофакт



Конечно, соты, которые осы сделали из бумаги своими жвалами, отличаются большим изяществом, нежели те, что американские ученые синтезировали из оксида титана. Однако и размер осиных сот больше, чем нанотрубочных. Интересно, а какие соты смогли бы делать микроосы, если бы генетики сумели вывести такую породу насекомых? Уж не окажутся ли они нанороботами, о которых писал Эрик Дрекслер?



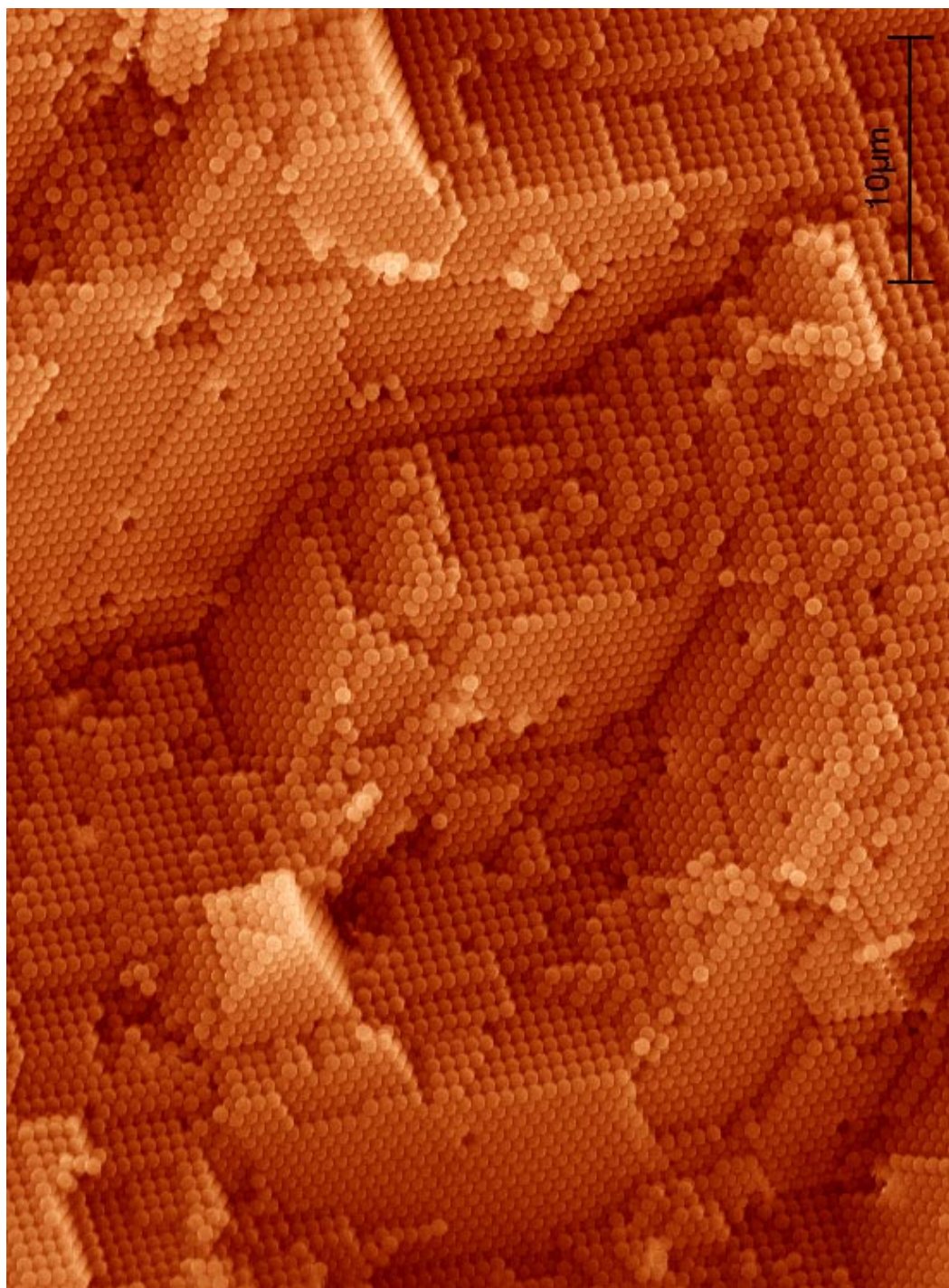
Мы начинаем публикацию работ лауреатов конкурса научных фотографий «Наука-общество 2005» (см. «Химию и жизнь», 2005, N 8). Эта работа была отмечена специальным призом компании «Epson».

# Нано- ДОМ

Природный опал — маленькое чудо, которое переливается всеми цветами радуги. А искусственный опал способен выбрать один-единственный цвет. Например, тот, который синтезировали ученые Факультета наук о материалах МГУ им. М.В.Ломоносова, — пламенеет подобно раскаленному углю (фото 1). Причина в том, что у этого камня, который правильнее было бы называть фотонным кристаллом, — периодическая структура из одинаковых шариков субмикронного размера.

Интерес к фотонным кристаллам огромен: благодаря уникальным оптическим свойствам, которыми можно управлять, они не только служат украшениями, но и могут стать основой для оптоэлектроники и волноводной оптики ближайшего будущего. По мнению экспертов, использование фотонных кристаллов значительно повысит эффективность светодиодов и лазеров и откроет пути к созданию новых типов световых волноводов, оптических переключателей и фильтров, а затем — к устройствам цифровой вычислительной техники на основе фотонных элементов.

Несмотря на сложность фотонных кристаллов, физические основы их работы достаточно просты. Как известно, кристаллы всех типов хорошо рассеивают излучение, длина волны кото-

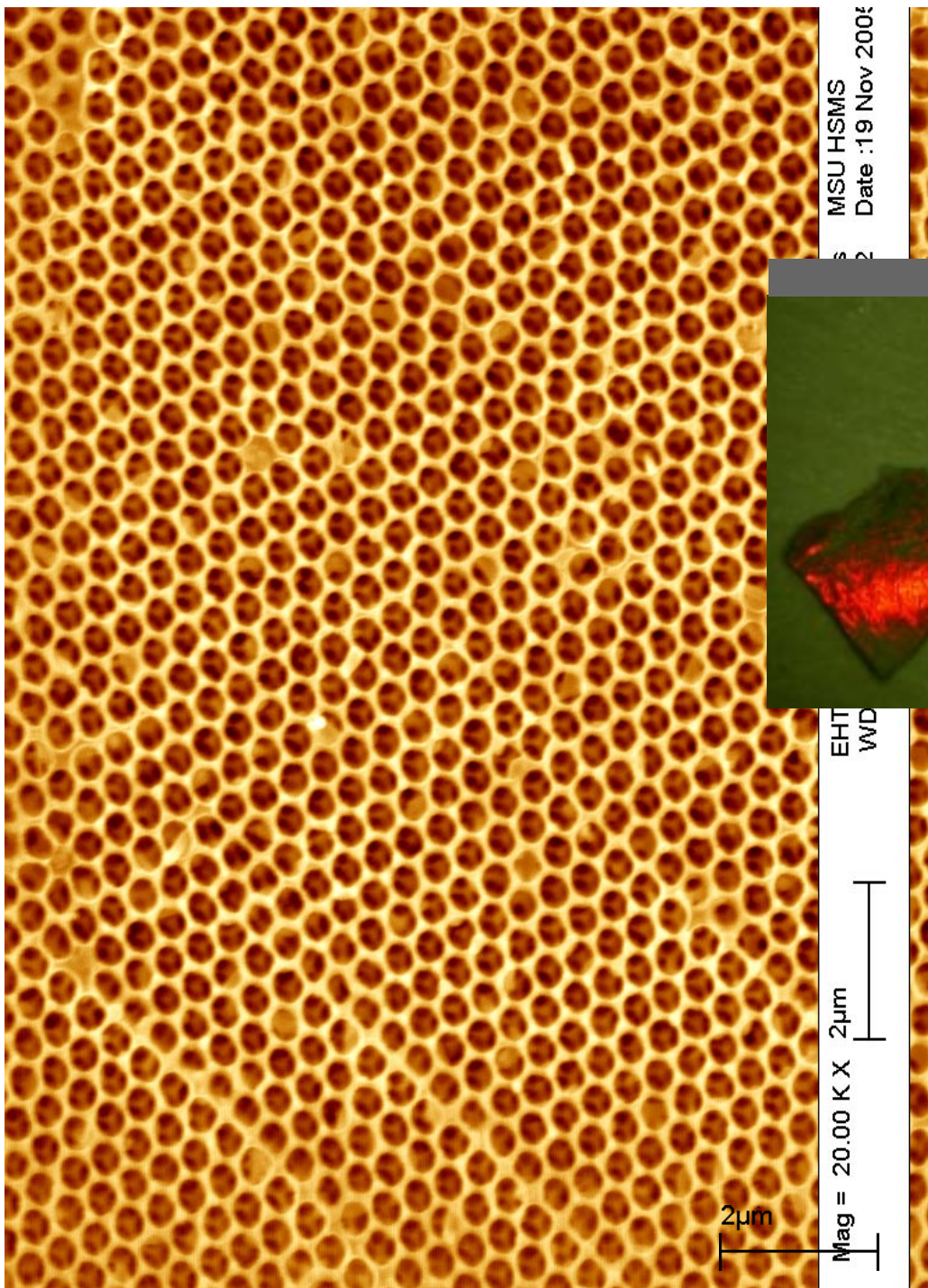


2  
*Нанодом из полистирольных шариков*



3  
*Увеличенный фрагмент нанодома*





**4**  
**Наносоты обратного опала**

рого сравнима с периодом решетки. Если кристалл составлен из атомов, то он рассеивает рентгеновские лучи. Опал же составлен из одинаковых шариков субмикронного размера, поэтому он рассеивает видимый свет, не пропуская излучение, длина волны которого сравнима с размером шариков. Таким образом, уникальность фотонного кристалла заключается в том, что

материал сам выбирает, какой именно свет он не будет пропускать, причем полосы пропускания определяются условиями синтеза.

Заглянуть внутрь фотонного кристалла можно с помощью сканирующего электронного микроскопа. На фото 2 хорошо видно упорядоченное расположение микросфер — кирпичиков, из которых строят фотонный кристалл. Объектом для фо-

тографирования послужил кристалл на основе сферических микрочастиц полистирола — подобные материалы умеют делать всего в нескольких лабораториях мира. В таком «нанодоме» можно заметить «наноокна» — незанятые позиции в упаковке микросфер (фото 3) дает материал с наилучшими оптическими свойствами.



**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**



**1**  
**Искусственные опалы, синтезированные в МГУ им. М.В.Ломоносова**

Синтетические опалы могут служить основой для создания еще более удивительных материалов. Так, если заполнить пустоты между шариками каким-либо веществом, после чего шарики удалить, например, термическим разложением, то можно получить так называемые инвертированные, или обратные, опалы. При большом увеличении структура этих материалов напоминает пчелиные соты. Такие наносоты, также синтезированные университетскими химиками, представлены на фото 4 (стенки изготовлены из диоксида кремния). Получать их сложно, зато инвертированные фотонные кристаллы дают лучшие оптические характеристики, чем обычные. Поэтому будущее оптоэлектроники связывают именно с подобными наносотами, в первую очередь — из оксидов титана и кремния.

**А. С. Сеницкий,**  
Факультет наук о материалах, МГУ им. М.В.Ломоносова

# От лепестков к лепесткам, или Эволюция протезов клапанов сердца

Кандидат  
технических наук  
**Ю.В.Горшков**

Кирово-Чепецкий химический комбинат им. Б.П.Константинова с 1962 года вместе с ведущими кардиоцентрами страны создает протезы клапанов сердца. Разработки коллектива защищены более чем 300 авторскими свидетельствами СССР, патентами России, Японии, США и Европы. Разработчики награждены Государственной премией СССР и премией Совета Министров СССР, премиями министерства, медалями ВДНХ. Протез КАРБОНИКС-1 удостоен ГРАН-ПРИ всемирного салона изобретений «Эврика-95» в Брюсселе. Что же это такое?

С точки зрения механики сердце — это насос, а клапаны в нем делают то же, что и клапаны в насосах. Открывают трубу и закрывают трубу. Сорок миллионов раз в год... Первые разработчики протезов пытались повторить естественные, лепестковые клапаны сердца. Но сделать такие клапаны не удалось, и инженеры решили — не важно, какой формы будет протез, главное, чтобы его можно было вшить в сердце и чтобы он работал. Кстати, в прошлом году искусственным клапанам исполнилось полвека: первую операцию по замене аортального клапана протезом вентиляного типа сделал в 1954 году К.А.Хафнагел.

Сегодня известно свыше четырехсот конструкций протезов, но практически применяют 15–20 моделей. Во-первых, это механические клапаны, выполненные полностью из материалов искусственного происхождения. Первыми появились клапаны с шарообразным запирающим элементом. На смену им пришли дисковые, у которых запирающий элемент выполнен в виде диска. И наконец, створчатые клапаны с запирающими элементами в виде двух или более створок.

Другая группа — это биологические клапаны. В них применяются прошедшие специальную обработку ткани биологического происхождения. Наиболее распространенные: ксеноаортальные, в которых используются аортальные клапаны животных, и ксено-

перикардальные, с применением сердечной сумки или, иначе, перикарда животных.

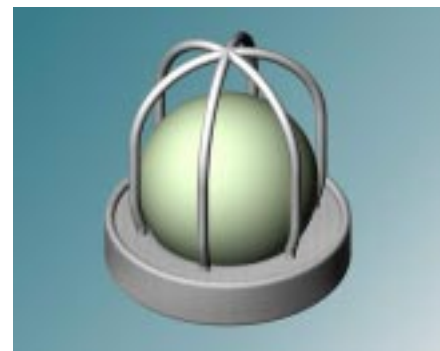
Искусственный клапан сердца — вещь настолько новая, что даже список требований к ним был сформулирован не сразу. Сейчас этот список выглядит примерно так. Прежде всего это эффективность — перепад давлений на открытом клапане должен быть мал. За рабочий цикл, в прямом направлении, должно проходить определенное количество крови, так называемый ударный объем. А обратный поток — через закрытый клапан — должен быть мал. Важны размеры клапана — они должны обеспечивать его размещение и не препятствовать работе структур сердца. Вес протеза должен быть минимальным, а шум при работе не должен нервировать пациента. Одно дело — сердце, и другое — пламенный мотор.

Отдельный вопрос — биологическая инертность. Материалы, из которых изготовлены элементы протеза, не должны повреждаться кровью и тканями организма, не должны плохо влиять на них и не должны отторгаться организмом. Конструкция и материалы не должны способствовать процессам осаждения тромбов, а для этого все поверхности клапана должны омываться кровью и этот поток должен быть ламинарен. Клапан при работе не должен разрушать клетки крови.

И наконец, надежность. В год сердце человека совершает в среднем 40 миллионов сокращений. Следовательно, протезу необходима такая надежность, чтобы сохранять работоспособность длительное время. Более 10 лет по требованиям ГОСТ 26997 (в разработке которого участвовал комбинат), множим 40 миллионов на 10 и получаем. Много получаем.

## Первый отечественный

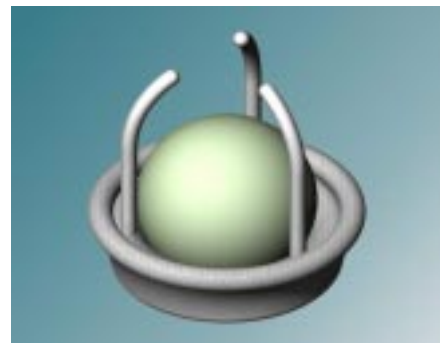
В 1962 году хирург Б.В.Петровский привез из США шаровой протез клапана сердца и при встрече с Е.П.Слав-



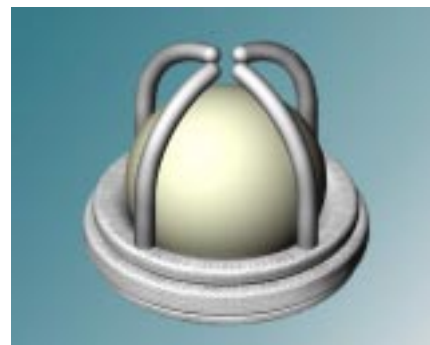
1  
*Первый отечественный шаровой протез МКЧ-01*



2  
*Шаровой протез АКЧ-02*



3  
*Шаровой протез АКЧ-06*



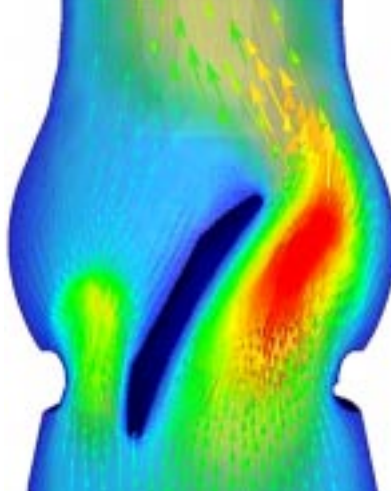
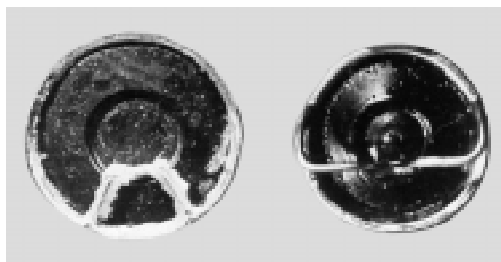
4  
*Шаровой протез МКЧ-25*



5  
*Дисковый протез ЛИКС-2*



6  
**Характерный профиль  
скоростей потока на клапане  
ЛИКС-2**



**ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА**

7  
**Оценка клапанов на наличие зон, опасных для тромбоза. Модельная жидкость — молоко 6% жирности. Места отложения элементов молока являются наиболее опасными. Время наработки — 2 часа при частоте 60 уд./мин.**

ским, который тогда возглавлял Министерство среднего машиностроения, спросил его, можем ли мы такой изготовить? Среднемаш располагал передовыми технологиями, в том числе уникальным по тому времени производством фторопластов, пригодных для имплантации. Их делали на Кирово-Чепецком химическом заводе в Кировской области, поэтому Е.П.Славский вызвал в Москву главного инженера Б.П.Зверева и руководителя экспериментальной лаборатории С.В.Михайлова. Рассмотрев импортное изделие, С.В.Михайлов сказал: «Людьми сделано, и мы сделаем».

Разработки начались при отсутствии какого-либо опыта в этой области и зарубежной технической литературы, которая могла бы упростить поиск. Потребовалось создать и конструкцию, и технологию, и методы контроля. Но задача того стоила — и вот он, первый митральный (впускной клапан левого желудочка сердца) шаровой клапан МКЧ-01 (рис. 1), защищенный первым в СССР авторским свидетельством на протез клапана сердца. Материал каркаса — титан, шар — запирающий элемент — из резины, манжета, за которую клапан пришивается к организму — ткань из фторопласта-4 (тефлон). Первый отечественный шаровой протез был успешно имплантирован в НИИ клинической и экспериментальной хирургии Минздрава РСФСР в 1963 году профессором Г.М.Соловьевым 21-летней Лиде Колесниковой, которая до этого не имела возможности двигаться из-за острой сердечной недостаточности.

Применение отечественных искусственных клапанов сердца позволило отказаться от дорогих импортных протезов, способствовало становлению в стране блестящей плеяды кардиохи-

рургов, таких, как Н.М.Амосов, В.И.Шумаков, В.И.Бураковский, Г.И.Цукерман, А.П.Колесов, Б.В.Петровский, Б.А.Королев. Освоение производства отечественных протезов подняло на новый уровень советскую кардиохирургию. Основные методы и принципы, сформированные и внедренные в то время, использовались при создании новых поколений протезов, новых методов их исследований, технологий изготовления.

### Первое поколение: шар

Затем и за рубежом, и в СССР было разработано много конструкций шаровых протезов, каждая из которых имела свои какие-то отличия. Например, протез аортального клапана (выпускной клапан левого желудочка сердца) АКЧ-02 (рис. 2) с увеличенным отверстием, что снизило перепад давления и нагрузку на сердце. У аортального клапана АКЧ-06 (рис. 3) и митрального клапана МКЧ-25 (рис. 4) седла каркасов были полностью обшиты тканью из фторопласта, что уменьшило гемолиз (разрушение элементов крови) и образование тромбов.

Шаровые протезы совершенствовались, их успешно применяли, но большие габариты и вес приводили к значительным нагрузкам на ткани сердца, что особенно сказывалось при многоклапанном протезировании. Большая инерция шара, расположение его в центре потока приводили к значительной турбулентности потока крови и перепаду давления. Оптимизация шаровых клапанов позволила уменьшить гидравлическое сопротивление лишь на 10%. Врачи хотели большего, и их можно было понять.

### Второе поколение: углеситалл

Проблемы шаровых клапанов в значительной мере удалось решить после появления нового материала — пиро-литического углерода (углеситалла).

Проблемы шаровых клапанов в значительной мере удалось решить после появления нового материала — пиро-литического углерода (углеситалла), отличающегося высокой прочностью и износостойкостью, биологической инертностью, тромборезистентностью. Изменилась и конструкция — клапаны второго поколения в качестве запирающего элемента имели не шар, а диск. Он поворачивался и открывал или закрывал кровоток. Это были протезы ЛИКС-1 и ЛИКС-2 (Кирово-Чепецк, рис. 5), Эмикс и Микс (Москва, завод «Эмитрон»). В таких клапанах набегающий поток крови разделяется на две неравные части (рис. 6). Большая часть потока движется по линии, совпадающей с лобовой поверхностью диска, изменяя свое направление, а меньшая часть стремится сохранить свое прямолинейное движение. В результате этого однородная структура потока разрушается, увеличивается гидравлическое сопротивление, появляются вихревые зоны и могут образоваться тромбы. Ситуацию дополнительно усложняет ограничитель хода диска (рис. 7). В клапанах ЛИКС-1 и ЛИКС-2 этот ограничитель был закреплен в районе большего отверстия. Там было лучше обтекание и поэтому тромбы не образовывались, но хитрый металлический каркас приходилось делать вручную. Понятно, как это сказывается на стоимости и объеме производства. И обнаружилась еще одна проблема. Диск имел в открытом положении постоянный угол наклона, поэтому поток крови давил на один и тот же участок сердца. Следствием могла стать аневризма аорты.

### Третье поколение — ставни

Клапаны следующего поколения были выполнены из углеситалла и имели две створки: Карбоникс-1 (Кирово-Чепецк, рис. 8) и его модификация МЕДИНЖ (Пенза).

В конструкции корпуса протеза КАРБОНИКС-1 для крепления запирающего элемента реализован новый принцип, который предусматривает возможность поворота створок (рис.9) на некоторый угол вокруг центральной

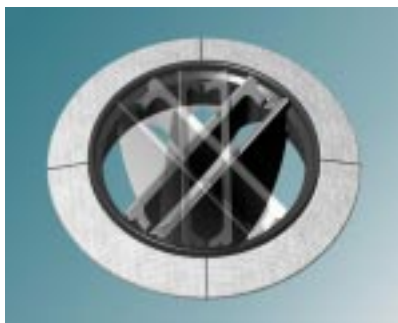


оси корпуса при каждом срабатывании. При такой конструкции нет необходимости ориентации протеза при операции и достигается более равномерное омывание всех элементов протеза и окружающих структур сердца. Это исключает наличие застойных зон и постоянное воздействие тока крови на одни и те же участки тканей сердца, снижает вероятность осаждения тромбов.

В данной конструкции кровь контактирует только с полированными поверхностями из углеситалла, мелкозернистая структура которого позволяет получать полированные поверхности высокого класса чистоты с хорошими тромборезистентными свойствами. Все поверхности элементов протеза выполнены или плоскими, или являются телами вращения. Поэтому для их изготовления применяется в основном серийное оборудование.

Профиль створок протеза, угол их установки и поворота, взаимосвязь этих параметров с конфигурацией внутренней поверхности корпуса обеспечивали безотрывное обтекание клапана потоком крови, отсутствие сужения потока крови и нарушения его структуры. Следствия — высокое быстроедействие протеза, снижение шума и возможности разрушения элементов крови.

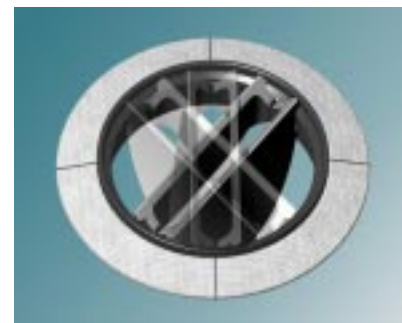
Протез КАРБОНИКС-1 был разработан и передан на испытания в 1987 году, а в 1990-м после исследований в лабораторных и клинических условиях



8  
*Двухстворчатый протез клапана  
КАРБОНИКС-1*

клапаны получили разрешение на применение. Они широко применяются в клиниках России и ближнего зарубежья и экспортировались в 17 стран. Для обеспечения возможности экспорта протезы исследовались в независимых лабораториях Европы.

Применяемые в кардиохирургии механические протезы клапанов сердца надежны и долговечны. Но их владельцам необходимо ежедневно, в течение всей жизни, принимать антикоагулянты — чтобы не образовывались тромбы. Примерно для 30% пациентов несоблюдение антикоагулянтной терапии может быть опасно. Эта ситуация чревата проблемами и для пациентов, живущих там, где приобрести необходимые препараты сложно, женщин детородного возраста и вообще всех, кому эти препараты противопоказаны. Такого недостатка лишены биологические протезы.



9  
*Вращение створок протеза  
КАРБОНИКС-1 вокруг оси*

## Четвертое поколение — биопротезы

Неудач первых попыток применения биологических лепестковых протезов удалось во многом избежать после того, как А.Карлентье и М.Ионеску предложили предварительно устанавливать створки на жестком каркасе и уже в таком виде имплантировать в сердце. Однако при работе в организме створки протеза воспринимают значительную знакопеременную нагрузку. Поэтому створки отрывались от каркаса или разрушались.

В 70-е годы был разработан метод консервации биоткани глутаровым альдегидом, что повысило ее биологическую инертность и прочность. В эти же годы В.Ханкок и Р.Рейс создали конструкцию каркаса с гибкими полипропиленовыми стойками и обосновали возможность снижения напряже-

# День Карьеры Химика — 2006

27 апреля 2006 года на Химическом факультете состоится День Карьеры Химика — 2006.

День Карьеры Химика ежегодно проводится на Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова с 1998 г. и является единственной в Москве ярмаркой вакансий для химиков.

В ходе мероприятия компаниям будет предоставлена возможность провести презентацию с целью повысить осведомленность молодых специалистов о деятельности компании в целом и перспективах трудоустройства. В свою очередь, студенты и выпускники смогут записать свое ВИДЕОРЕЗЮМЕ, задать вопросы, пройти предварительное собеседование, а также выбрать место для преддипломной практики, будущей работы или летней стажировки.

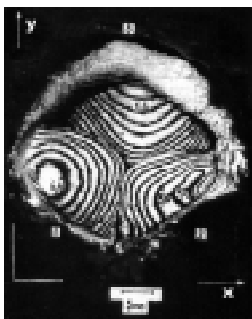
Для участия в Дне Карьеры Химика — 2006 приглашаются студенты и выпускники МГУ, РУДН, РХТУ, МГАТХТ, МПГУ и других химических вузов, а также физики, геологи и биологи.

В прошлые годы в Дне Карьеры Химика уже приняли участие такие компании, как LG Chem, Innocentive, ChemBridge, «Реахим», «Экрос», Procter & Gamble, «Мосреактив», «Пента», DuPont, Samsung Electronics, Perkin Elmer, «Акрон» и многие другие.

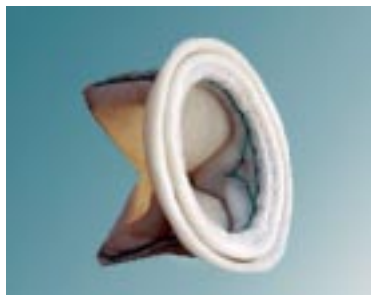
*Организаторы:*

Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова  
Компания «ЛАБО»

Ника Патиашвили Тел./факс (495) 939-2666 nika@market.chem.msu.ru



**10**  
*Биологический протез БИОНИКС.*



**11**  
*Каркас переменной жесткости для протеза БИОНИКС.*

ний: при закрытии гибкие стойки, изгибаясь, принимают часть энергии гидроудара на себя. Однако средний срок службы этих протезов в организме составлял лишь 5–6 лет.

В 80-х годах прошлого века в различных городах России велись интенсивные работы по созданию биопротезов, обеспечивающих необходимую надежность и долговечность. Основным направлением поиска был подбор оптимальной геометрии створок и всего аортального комплекса. Для этого использовались различные методы — слепков, замораживания, голографической интерферометрии, теневой муаровый метод и многие другие.

Исследователи пришли к выводу, что аортальный комплекс — это сложный механизм, все элементы которого способствуют разгрузке створок. В начальный момент (при давлении всего 80 мм рт. ст.) закрытия вершины опор комиссур, от которых отходят створки, отклоняются внутрь аорты, обеспечивая перемещение створки как одно целое, без возникновения в них напряжений, а синусы деформируются, воспринимая энергию гидроудара на себя. Этим обеспечивается гашение ударной нагрузки, возникающей при закрытии, распределение нагрузки на элементы комплекса и снижение нагрузки на створки. Исследования и расчеты показали, что для эффективного снижения напряжений в створках перемещение вершин опор комиссур должны быть до 1,5–2 мм. Этим объясняется небольшой срок службы первых протезов с «гибкими» стойками — для исключения возможности поломок и/или усталостного



**12**  
*Биологический протез БИОНИКС после 15 лет имплантации. ИЦССХ им.А.Н.Бакулева, РАМН, г.Москва*

деформирования стойки рассчитывались на максимальные давления (200–250 мм рт. ст.) и были жесткими в начальный, наиболее опасный момент закрытия.

По результатам работ в 80-е годы в России появилось несколько вариантов протезов. В Москве специалистами Центра хирургии АМН СССР и МВТУ им.Н.Э.Баумана был разработан биопротез БАКС. Он имел полипропиленовый обшитый каркас, в котором устанавливался аортальный комплекс свиньи, содержащий часть аорты с синусами и створки, что снижало напряжения в створках. Биопротез был внедрен в клинику, но в последние годы сообщений о результатах его применения нет.

В Кемеровском кардиологическом центре разработаны и внедрены несколько модификаций биопротезов БИОПАКС. Они изготовлены из аортальных клапанов свиньи, установленных на полипропиленовом каркасе, стойки которого, рассчитанные инженерами МВТУ им. Н.Э.Баумана, обеспечивали необходимую гибкость и долговечность.

В результате совместной работы инженеров Кирово-Чепецкого химкомбината и медиков ИССХ им.А.Н.Бакулева были разработаны биопротезы БИОНИКС (рис. 10), биоматериалом в которых был перикард. Он устанавливался на обшитых тканью каркасах переменной жесткости (рис. 11), элементы которых выполнены из сплава 40КХНМ. При давлениях закрытия до 80 мм рт. ст. гибкие опоры (1) изгибаются, постепенно соприкасаясь с ограничителями (2) жесткого вклады-

ша, обеспечивая при этом необходимую амплитуду перемещений верхних точек. Створки в этот момент перемещаются без деформации как единое целое, а кинетическая энергия гидроудара переходит в потенциальную энергию деформации гибких опор, синусов и стенок аорты. При дальнейшем повышении давления протез работает как жесткий, чем исключается чрезмерный изгиб опор и их усталостная деформация. Протезы БИОНИКС применяются в клиниках с 1985 года, и анализ результатов показал, что они обеспечивают хорошую гемодинамику, возможность отказа от постоянной антикоагулянтной терапии, высокую биосовместимость, устойчивость к развитию инфекций, высокую долговечность.

Несколько лет назад в Центр сердечно-сосудистой хирургии им.А.Н.Бакулева РАМН поступил пациент, которому за 15 лет до этого был протезирован клапан БИОНИКС. Пациент поступил по поводу присоединившегося порока аортального клапана. В ходе операции было проверено состояние протеза БИОНИКС (рис. 12) — никаких изменений его элементов не обнаружено. Пораженный аортальный клапан был заменен протезом, а БИОНИКС оставлен работать в организме далее.

Характеристики и результаты применения современных отечественных и зарубежных протезов примерно одинаковы. Все хирурги отмечают, что опыт применения отечественных механических и биологических протезов доказал их надежность, долговечность, высокую выживаемость, низкую частоту осложнений, улучшение качества жизни, восстановление трудоспособности более чем у 90% пациентов. Однако большое разнообразие применяемых моделей свидетельствует об отсутствии модели клапана, удовлетворяющей всем требованиям кардиохирургии. Решение этой проблемы по сей день остается актуальной задачей.

# Такая разная ТИШИНА



Кандидат  
биологических наук  
**О.Л.Посух**

Становятся привычными телевизионные передачи, сопровождаемые сурдопереводом. Число глухих и слабослышащих неуклонно возрастает. Слух слабеет с возрастом, после болезней, стрессов, шума. Но у половины детей, глухих от рождения, глухота предопределена их генами. В статье рассказывается о самой распространенной причине генетической потери слуха.

## Молоточек, наковальня, стремя и другие

Орган слуха — наверное, самый сложный и тонко устроенный «прибор» в организме человека. Ушная раковина улавливает звуковые волны из окружающего мира, которые по слуховому проходу направляются в отделенное барабанной перепонкой среднее ухо. Приняв слуховые волны, барабанная перепонка начинает вибрировать и приводит в движение три изящные миниатюрные косточки с названиями, говорящими об их форме: молоточек, наковальня и стремя. Их движения передаются в заполненное жидкостью внутреннее ухо, называемое также лабиринтом из-за сложности его анатомического строения. Лабиринт состоит из вестибулярного и слухового отделов. Спирально закрученный слуховой отдел похож на улитку, поэтому так и называется.

В улитке находится «святая святых» слухового прибора — кортиева орган, состоящий из мембран и тысяч специализированных клеток. Сенсорные волосковые клетки, настроенные на прием звуковых волн разной частоты, улавливают колебания жидкости внутреннего уха, насыщенной ионами, и генерируют электрические импульсы. Другие типы клеток обеспечивают «электрическую разрядку» системы. Ионы, проходя по особым каналам, соединяющим между собой соседние клетки, вновь выходят в жидкость внутреннего уха. При этом происходит каскадная поляризация и деполяризация клеток. Электрические импульсы по слуховым нервам попадают в слуховые центры головного мозга, где и анализируется звук: мы слышим и понимаем то, что слышим, — речь, крик, шепот, музыку, звуки опасности.

Понятно, что нарушение в любом звене этой цепочки может отнять у человека способность слышать. Сбой в звене проводящем (наружное и среднее

ухо) приводит к кондуктивной потере слуха, а нарушения структур звуковосприятия (внутреннее ухо, слуховые нервы) вызывают нейросенсорную потерю слуха.

Причины разбалансировки работы этого сложного механизма многообразны: возрастные изменения в тонких структурах органа слуха, инфекции, громкий или длительный шум, травмы, сильный стресс, прием некоторых лекарств. Среди людей в возрасте 50—60 лет слабослышащих примерно 20%, а после 70 лет — более 40%.

Но еще в древности было замечено, что потеря слуха может передаваться по наследству. В среднем один ребенок из тысячи рождается глухим, и глухота половины из них предопределена генами.

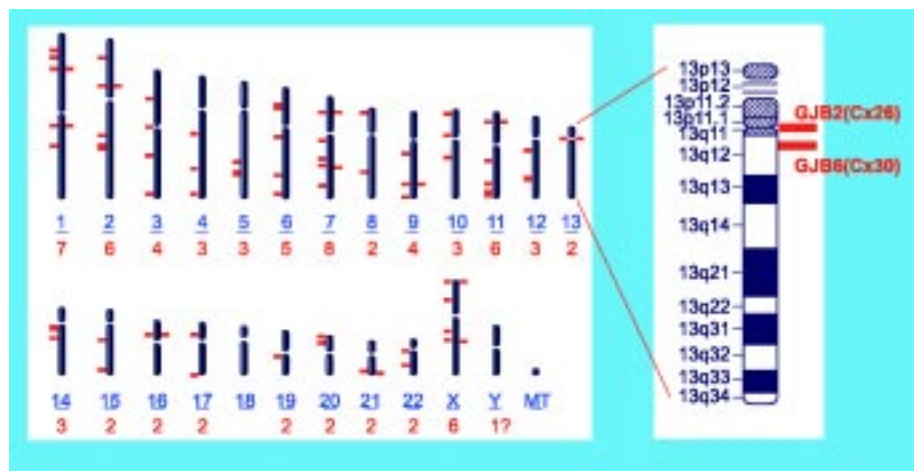
## Глухота по наследству

Что сегодня известно о наследственной глухоте? Предполагается, что существует не менее трехсот генов, кодирующих разные белки, которые необходимы для нормальной слуховой

функции. Это примерно 1% всех генов человека! Некоторые из них специфичны только для слуховой функции, другие производят белки, работающие как в органе слуха, так и в других органах и тканях. Дефекты в таких генах могут вызывать множественные патологические изменения в разных органах — синдромы. Известно уже около 400 синдромов, включающих глухоту. Но это не более 30% всех случаев наследственной потери слуха. В 70% случаев единственная патология — глухота, причем чаще всего встречается ее нейросенсорная форма.

Изучение молекулярных механизмов слуховой функции и идентификация генов, ее контролирующих, начались относительно недавно. В 1999 году в журнале «Clinical Genetics» вышла статья с символическим названием «Начало молекулярной эры исследований слуха и глухоты», авторы которой отметили, что в последние два года эти исследования существенно продвинулись вперед. Тогда было известно только о нескольких генах, дефекты которых вызывают глухоту. С тех пор прошло совсем немного времени, но полученные результаты весьма значительны. Специалисты по генетике человека картировали на хромосомах многие участки (локусы), ответственные за глухоту: число таких локусов приближается к 90 (рис. 1). Иденти-

**1**  
*Гены, ответственные за нарушения слуха, в геноме человека. Число сверху — номер хромосомы, снизу — количество «подозреваемых» генов в этой хромосоме. МТ — митохондриальный геном. Крупно показана 13-я хромосома с генами коннексинов*







2  
Коннексиновые  
каналы

3  
Коннексиновые  
«визитки».  
В различных точках  
земного шара  
встречаются разные  
мутации гена GJB2,  
вызывающие потерю  
слуха



фицировано несколько десятков генов, повреждения которых вызывают нарушения слуха, они найдены практически на каждой хромосоме. Кроме того, описано несколько патогенных мутаций и в митохондриальной ДНК.

### Коннексины виноваты больше всех

Удивительно, что при всем этом генетическом разнообразии подавляющее большинство случаев нейросенсорной глухоты в некоторых странах определяется одним локусом на 13-й хромосоме. В нем находятся два гена, которые кодируют белки коннексины.

Известно около 20 белков, входящих в семейство коннексинов. Это трансмембранные белки: строительные блоки для межклеточных каналов, по которым проходят ионы калия и другие малые молекулы. Такие каналы, собранные из коннексинов одного или двух типов, работают в самых разных тканях организма. В кортиевом органе межклеточные каналы образуют в основном два белка: коннексин 26 (Cx26) и коннексин 30 (Cx30), несколько различающиеся по структуре и молекулярному весу. Шесть коннексинов (одинаковых или разных) соединяются вместе и образуют полую трубочку — коннексон, пронизывающий мембрану клетки. Своей торцевой частью он прищипывается к коннексону соседней клетки, так что получается канал, по которому и движутся ионы (рис. 2). Упорядоченное открытие и закрытие каналов обес-

печивает реполяризацию клеток, о которой говорилось вначале.

Ген коннексина 26 имеет номенклатурное название GJB2. Благодаря простоте его организации и миниатюрности размеров (кодирующая область GJB2, где, собственно, и записана структура белка, составляет всего 681 нуклеотидную пару) были разработаны быстрые и надежные методы его мутационного анализа. Сейчас уже известно более 90 различных мутаций гена GJB2. Мутации — замены нуклеотидов, выпадения (делеции) или дополнительные вставки (инсерции) одного или нескольких нуклеотидов, изменяющие ДНК-последовательность гена, — так или иначе нарушают структуру и функции нормального белка Cx26. Это, в свою очередь, приводит к дефектам формирования коннексиновых каналов и в конечном счете — к нарушению звуковосприятия. Мутации гена коннексина 30 (GJB6) встречаются реже, но тоже могут приводить к нейросенсорной потере слуха.

«Коннексиновая» глухота наследуется в большинстве случаев по рецессивному типу. Иначе говоря, у глухого человека (рецессивной гомозиготы) в обеих копиях (аллелях) гена GJB2, полученных от матери и отца, есть мутации. Если же мутантная копия только одна, а вторая нормальная, то человек является гетерозиготным носителем этой мутации, причем слух у него нормальный. Другие GJB2-мутации наследуются доминантно: для нарушения слуха достаточно присутствия

только одной мутантной копии гена GJB2. Известно, что GJB2 экспрессируется и в клетках кожи, причем некоторые его доминантные мутации вызывают наряду с глухотой и кожную патологию.

### Коннексиновые «визитки»

Хотя уже описано около сотни мутаций гена GJB2, чаще всего выявляются несколько «главных» рецессивных мутаций, а другие обнаруживаются только у отдельных глухих пациентов. Оказалось также, что мировое распределение «главных» мутаций зависит от этнического происхождения популяций. Таким образом, отдельные коннексиновые мутации могут быть своего рода визитными карточками, характеризующими ту или иную человеческую группу.

Так, у европейцев с нейросенсорной потерей слуха чаще всего (до 50% случаев) выявляют мутацию 35delG. В популяции евреев ашкенази превалирует мутация 167delT, у африканцев — R143W, в Индии — W27X, в Японии, Китае, Корее — мутация 235delC (рис. 3). Для многих популяций сейчас известна и частота гетерозиготного носительства коннексиновых мутаций. Недавний анализ, проведенный в 27 странах Европы и Среднего Востока, показал, что в среднем 1,9% жителей этих стран — носители мутации 35delG. Распространена эта мутация неравномерно: например, в Средиземноморье она встречается чаще, практически у каждого тридцатого человека. Специальный генетический анализ показал, что аллели с мутацией 35delG у европейцев происходят от одной предковой мутации, которая возникла предположительно на территории Древней Греции около 10 000 лет назад и затем широко распространилась по Европе. Аллели с мутацией 35delG у белых американцев имеют европейские «корни».

В азиатских странах, таких, как Япония, Китай, Корея, частота «коннексиновой» глухоты несколько меньше, чем у европейцев, причем мутация 35delG отсутствует вовсе или крайне редка, а основную роль играет другая — 235delC. Для этой мутации группа японских и американских ученых также по-

лучила молекулярно-генетические доказательства единства ее происхождения и предложила сценарий ее широкого распространения среди северо-восточных азиатских групп. Суть его состоит в том, что прародиной мутации 235delC были территории вокруг озера Байкал, где в прошлом обитала древняя недифференцированная группа северных монголоидов. Затем неоднократно миграции способствовали распространению мутации 235delC по всей Северо-Восточной Азии вплоть до Японии. Грубая оценка возраста этой мутации — около 11 500 лет. Таким образом, предполагается, что мутация 235delC возникла после разделения древнего населения на европеоидов и юго-восточных монголоидов, которое произошло 15 000–35 000 лет назад.

## Глухота на Алтае

Территория Сибири оставалась «белым пятном» на карте мирового распределения коннексиновых мутаций до того, как в 2002–2003 годах мы провели молекулярно-генетический скрининг нейросенсорной потери слуха у населения Республики Алтай. У группы людей с предположительно генетической потерей слуха был полностью «прочитан» ген коннексина 26. Кроме того, мы скринировали (с помощью специальных методов искали в геноме этих людей) специфическую делецию в гене коннексина 30 и пять митохондриальных мутаций, которые наряду с мутациями коннексина 26 в некоторых странах уже включены в комплексную молекулярно-генетическую диагностику потери слуха.

Генетических дефектов коннексина 30 и митохондриальной ДНК мы не обнаружили, а у 24% обследованных глухота, как выяснилось, была обусловлена комбинацией пяти различных мутаций Sx26. Люди, которых мы обследовали, были в основном алтайцы и русские, относящиеся соответственно к двум этническим группам — монголоидной и европеоидной. Как выяснилось, частоты мутаций Sx26 и их спектр у русских и алтайцев заметно отличаются. Общая частота мутаций Sx26 у русских составила 47%, что соответствует «европейскому» уровню выявления «коннексиновой» глухоты. Кроме того, основной мутацией у русских была «европейская» 35delG (34%). У алтайцев этой последней мутации не было вообще. Общая частота мутаций Sx26 у них несколько превышала 8%, с преобладанием «азиатской» мутации 235delC (около 7%). Нас также интересовала частота носительства мутаций Sx26 среди коренного населения Алтая, и в одном административном районе республики нам удалось оце-

нить ее у не связанных близким родством алтайцев с нормальным слухом. Оказалось, что среди них на каждые 22 человека приходится один с мутацией 235delC. Эта одна из самых высоких в мире частот гетерозиготного носительства мутаций Sx26!

Гипотеза о том, что прародина мутации 235delC, широко распространенной в азиатских популяциях, находилась где-то в районе Байкала, была выдвинута практически в то самое время, когда мы работали на Алтае. Известно, что в прошлом и Алтае-Саянский регион, и прибайкальские территории были исходными точками разновременных человеческих миграций — это подтверждено археологическими, историческими и генетическими данными. Нам кажется вполне вероятным, что Алтай также может претендовать на роль прародины азиатской мутации 235delC, а его коренные жители — возможно, прямые потомки тех древних людей, у которых эта мутация возникла.

## «Сообщество глухих»: новая жизнь и новые тревоги

Отвлечемся пока от наших находок на Алтае и зададимся глобальным вопросом: почему же при всем разнообразии известных генов глухоты в некоторых странах подавляющее большинство случаев генетически обусловленной потери слуха связано с мутациями одного-единственного гена, кодирующего коннексин 26? («Гены глухоты» — название условное, и, как правило, специалисты его не используют. В первых, степень участия гена в патологии слуховой функции может зависеть от других, в том числе и негенетических факторов, а во-вторых, генетически обусловленное нарушение слуха — не обязательно полная глухота.)

Теоретически частота любой мутации, нарушающей слух, должна поддерживаться на очень низком уровне, если не возникает каких-то особых условий. Очевидно, что у животных особи, слышащие звуки внешнего мира, имеют больше шансов дожить до того момента, когда будет найден брачный партнер и появится на свет потомство. Глухие же особи часто элиминируются отбором, вообще не оставляя потомства: их репродуктивные шансы существенно ниже. Следовательно, все новые случаи генетической глухоты должны быть либо вновь возникающими доминантными мутациями, либо рецессивными гомозиготами, рожденными от слышащих родителей — носителей рецессивной мутации. В том и другом случае частота генетической глухоты будет достаточно низкой.

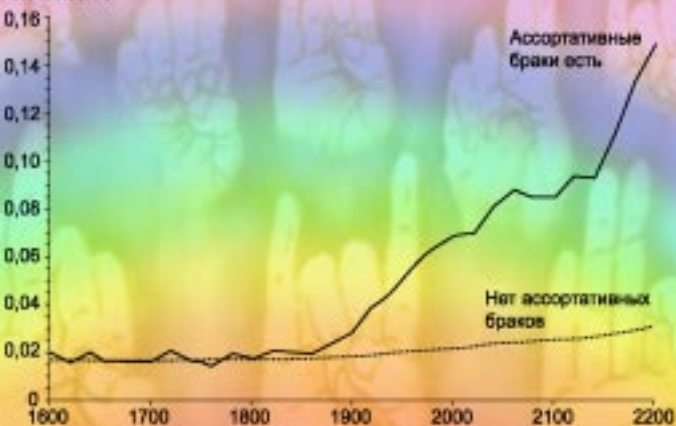
До сравнительно недавнего времени это относилось и к глухим людям, которые из-за невозможности полноценных социальных контактов жили в глубокой изоляции и в худших по сравнению с другими людьми экономических условиях. Но например, в США за последние 200 лет стало почти вдвое больше людей с врожденной глухотой. Схожие данные можно найти и для некоторых европейских стран. Чем это объяснить?

Введение жестового языка в Европе и создание школ для глухих 300–400 лет назад переменяло жизнь людей, лишенных слуха, и помогло им прорвать социальную изоляцию. Возможность изъясняться на понятном другим языке резко повысила коммуникативность глухих, увеличила их шансы вступить в брак и родить детей. Особенно актуальным это стало для людей, глухих с рождения или раннего возраста (то есть потерявших слух до начала развития речи): для них язык жестов, как правило, становится единственным способом общения. В странах, где существует развитая образовательная система для лишенных слуха, формировалось особое человеческое сообщество — «Deaf culture» («культура глухих», или «сообщество глухих»), где браки между глухими предпочтительны, потеря слуха не рассматривается как недостаток или дефект и многие глухие супруги хотят родить таких же детей.

Рецессивные формы «коннексиновой» глухоты, как правило, проявляются с момента рождения или в раннем возрасте. От брака рецессивных Sx26-гомозигот, у которых причина потери слуха одинакова, могут родиться только глухие дети, и с той же самой причиной глухоты. Такой брак называется некомплементарным, в отличие от комплементарного, когда в браке находятся люди с различными генетическими причинами потери слуха. В комплементарных браках рождаются слышащие дети, у которых дефект гена одного из родителей компенсируется работой нормального гена другого родителя. (Конечно, бывают и другие варианты «глухих» брачных пар с самыми разными, генетическими и негенетическими, причинами глухоты.) Так вот, простые теоретические расчеты показывают, что некомплементарные браки глухих могут существенно увеличить частоту какой-либо рецессивной мутации глухоты в последующих поколениях.

В США ретроспективно анализировались браки глухих людей, их родословные и потомство, начиная с XIX века. Было показано, что наряду с ростом общего числа браков между глухими число некомплементарных бра-

Частота  
Сх-гомозигот



4

**Компьютерное моделирование показывает, что, если глухие предпочитают вступать в браки с глухими же, число Сх-гомозигот (и, как следствие, людей с генетически обусловленной глухотой) должно резко возрасти.**

(Из: W.E.Nance, M.J.Kearsey, *American Journal of Human Genetics*, 2004, v.74, 1081–1087)



**ЗДОРОВЬЕ**

ков практически удвоилось. Весьма вероятно, что высокая частота «коннексиновой» глухоты, наблюдаемая в наши дни, стала результатом предпочтительного (ассортативного) выбора брачного партнера по принципу «такой же, как я», в совокупности с возросшей «приспособленностью» глухих людей. Эти выводы подтверждает и компьютерное моделирование (рис. 4).

Такая ситуация могла иметь место в странах с достаточно долговременной традицией заключения браков между глухими — в Европе и США. В азиатских странах, видимо, такой традиции не существовало. Например, в Индии браки между глухими были запрещены. Ни у одного из 620 детей, которые учились в центральной школе для глухих в Улан-Баторе, образовавшейся только в 50-х годах XX века, родители не были глухими, да и жестовый язык в Монголии был внедрен только в 1994 году. Доля «коннексиновой» глухоты в наследственной потере слуха для Монголии оценивается в 2–4% — это существенно ниже, чем в европейских странах.

## Остров Бали и бедуины

Но не только «коннексиновая» глухота может так широко распространиться, как это произошло в Европе и США. При определенных условиях и некоторые другие формы глухоты могут стать основными в какой-либо популяции. Чтобы разобраться в этом, нам придется переместиться из развитых стран к тем уголкам мира, где сохранились традиционные обычаи.

Так, в одной деревне на острове Бали, где живет чуть более 2000 человек, число глухих достигает 2% — это в 20 раз больше, чем в среднем в мире. Выяснилось, что единственная генетическая причина этой глухоты — рецессивная мутация в гене миозина, и примерно каждый пятый слышащий

житель деревни является ее носителем. В прошлом население деревни создало собственный язык жестов, которым в равной степени овладели и глухие, и нормально слышащие, так что глухие в этой деревне не были лишены общения. А браки между глухими наряду с полноценной адаптацией резко увеличили частоту «миозиновой» глухоты в этой деревне. Таким образом, «миозиновая» мутация, когда-то привнесенная первыми поселенцами, не только не потерялась в ряду поколений, а, напротив, сохранилась и достигла большой частоты. Этому способствовали относительная изоляция и ограниченная численность данной группы (генетики называют это явление «эффект основателя»).

Наследственная глухота у бедуинов Северной Африки и Среднего Востока имеет другую историю. В некоторых бедуинских племенах почти 3% глухих. Известно, что у бедуинов также есть свой собственный язык жестов, но браки между глухими бедуинское общество не приветствует. Зато традиционными особенностями брачной структуры этого народа всегда были полигамия и близкородственные браки (инбридинг), частота которых достигала 30–40%. В результате долговременного инбридинга у бедуинов существенно возросли частоты не менее четырех разных форм генетической глухоты, а также некоторых других рецессивных генетических болезней.

## Снова на Алтай

Полученные нами данные о различном мутационном спектре и разной степени участия коннексина 26 в потере слуха в разных этнических группах населения Алтая, несомненно, будут полезны при организации молекулярной диагностики наследственной глухоты в этом регионе. Но многое еще осталось невыясненным.

Действительно ли Алтай — прародина мутации 235delC, широко распространенной по азиатским странам? Характерна ли высокая частота носительства этой мутации для всего коренного населения Алтая? И если это так, какие механизмы поддерживают ее? И почему на фоне этой высокой частоты мы обнаружили сравнительно немного случаев «коннексиновой» глухоты у алтайцев? Есть ли в этой популяции другие гены глухоты — уже известные или пока неизвестные?.. Ответы на эти и другие вопросы, вероятно, следует искать с учетом своеобразия коренного населения Алтая.

Алтайцы, численностью около 60 000 человек, по сей день в большинстве своем живут в небольших поселках, образовавшихся в местах их традиционного расселения. На протяжении многих веков у алтайцев существовала родовая структура, причем родовая принадлежность определялась по отцовской линии. Алтайцы всегда следовали строгим социальным брачным правилам, которые запрещают и браки с родственниками из рода отца, и близкородственные браки (так называемая патрилинейная родовая экзогамия). Представители разных алтайских родов совместно жили на определенных, ограниченных пастбищными угодьями, территориях, в пределах которых подбирались брачные партнеры. Алтайцы сохранили и национальную культуру, и свой родной язык, но у нас пока нет данных о существовании алтайского жестового языка и тенденции заключения браков между глухими. Единственная школа для глухих детей в республике образовалась недавно, и можно предположить, что в прошлом вероятность брака между глухими людьми в условиях их относительной разобщенности была очень низкой.

Хочется надеяться, что дальнейшее изучение всех аспектов наследственной глухоты на Алтае не только позволит ответить на уже возникшие вопросы, но и принесет новые знания о причинах и закономерностях распространности генетической потери слуха.





**СРЕДСТВО  
ОТ  
ОСТЕОПОРОЗА**

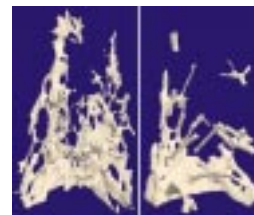
*Ученые из Израиля предлагают лечить остеопороз искусственными каннабиноидами.*

Пресс-секретарь  
Jerry Varach,  
jerryb@savion.huji.ac.il

Лет пятнадцать назад биологи заметили, что организм человека синтезирует каннабиноиды — вещества, похожие на те, которые столь сильно привлекают внимание некоторых категорий граждан к гашишу или конопле. Эндоканнабиноиды синтезирует мозг, и, как оказалось, эти вещества активируют два типа рецепторов клеток, а именно CB1 и CB2. С первыми разобрались быстро: они связаны с нервной системой и, стало быть, как раз и отвечают за действие каннабиноидов на психику. А вот о роли вторых долго гадали. Их находили у клеток иммунной системы — и, кажется, больше нигде. Зачем же стимулировать иммунитет столь сложным путем? — задавали себе и коллегам вопрос многие ученые и никак не могли найти ответ.

Удача улыбнулась биологам из Еврейского университета в Иерусалиме во главе с профессором Итаи Бабом. Они обнаружили клетки с такими рецепторами там, где никто не ожидал, — в костях. Более того, у тех мышей, клетки которых в результате мутации лишили рецепторов CB2, очень быстро развивался остеопороз.

Возникла мысль, что эндоканнабиноиды не только изменяют психическое состояние через рецептор CB1, но и, активируя рецептор CB2, предохраняют кости. Для проверки такой гипотезы ученые синтезировали искусственный каннабиноид, который не обладает никакой психической активностью, и выяснили, что он действительно замедляет развитие остеопороза у мышей-мутантов. Глядишь, скоро и до лекарства дело дойдет.



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

**ОПАСНЫЕ  
ФУЛЛЕРЕНА**

*Американские ученые заметили, что фуллерен способен сильно связываться с ДНК.*

пресс-секретарь  
Vivian F. Cooper,  
Vivian.F.Cooper@vanderbilt.edu

Четверть века тому назад, сразу после того, как была открыта особая форма углерода — шарик из шестидесяти атомов, никто не задумывался, что это вещество может представлять какую-то угрозу для здоровья. Будучи гидрофобными, шарики в воде должны собираться в крупные частицы и выпадать в осадок, а химическая стабильность структуры фуллерена сильно затрудняет его участие в реакции. Однако недавно стали появляться неприятные факты. Сначала оказалось, что фуллерены попадают в кровь животных и с ней распространяются по всему телу, включая мозг. Далее выяснилось, что фуллерены проникают внутрь клеток и способны их убивать. Поэтому сейчас в американских лабораториях при работе с этим веществом соблюдают строгие меры предосторожности. И вот — новые сведения о фуллереновой опасности.

«Наш расчет показал, что фуллерен очень прочно связывается с молекулой ДНК и та функционирует неверно, — говорит руководитель работы Питер Каммингс из университета Вандербиля (США). — Мы не знаем, способен ли фуллерен, даже попав в клетку, проникнуть в ее ядро. Но если это случится, последствия будут фатальными».

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

**БЛЕСТЯЩЕЕ  
СЕРЕБРО  
ШЕФФИЛДА**

*Британские металлурги сделали серебро, которое не тускнеет.*

Пресс-секретарь  
Kate Burlaga,  
k.burlaga@shu.ac.uk

«Обычное серебро сначала тускнеет, а потом и чернеет из-за того, что на нем растет пленка сульфидов. К сожалению, представители молодого поколения хотят, чтобы украшения блестели, причем всегда, и совершенно не желают их чистить. Поэтому многие из них предпочитают серебру нержавеющей стали. Нам нужен такой серебряный сплав, украшения из которого чистить не надо», — говорит Рон Карр, хозяин ведущей британской компании по производству серебряных украшений. Именно такой сплав создали ученые из Шеффилдского университета под руководством доктора Хайвела Джонса в рамках европейского проекта, который длился четыре года и обошелся в 2,2 млн. евро.

«Вообще-то для того, чтобы серебро со временем не тускнело, в него добавляют германий. Однако при этом сплав становится хрупким и твердым, его сложно обрабатывать. Наше нечернееющее серебро можно и лить, и катать, и отжигать, словом, делать с ним все то, что делают с металлом ювелиры. Более того, готовое изделие не надо полировать, а достаточно протереть мягкой тряпочкой, — рассказывает доктор Джонс. — Этот сплав пригодится также для изготовления контактов электрических схем».

Из только что созданного нетускнеющего серебра в компании Карра уже сделали и ювелирные украшения, и другие необычные новинки для любителей блестящего металла: держатели портативных плееров, коробочки для визиток и обложки для паспортов.

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

**ПАМЯТЬ  
КОБАЛЬТОВЫХ  
КОЛЕЦ**

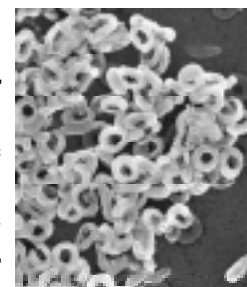
*Ученый из США придумал, как сделать наночастицы для новых элементов памяти.*

Пресс-секретарь  
Lisa De Nike,  
Lde@jhu.edu

Если бы магнитные наночастицы заданной формы можно было легко упаковывать в магнитные ячейки, то компьютерчики давно бы получили в свои руки чрезвычайно емкую и быструю память. Однако этого добиться не удается — оказавшись слишком близко, магнитные частицы взаимодействуют друг с другом и теряют информацию.

Чтобы этого избежать, Фрэнк Жу из университета Джона Хопкинса (США) предлагает придавать наночастицам из кобальта или никеля форму колец, причем асимметричных. В этом случае магнитное поле принимает форму вихря и практически не выходит за пределы частицы. В результате их можно упаковать очень плотно. При диаметре кольца 100 нм на срезе человеческого волоса поместился бы миллион таких частиц, соответственно миллион битов информации. «Самое главное даже не форма, а то, что метод получения наноклец совсем не дорог», — говорит Фрэнк Жу. Этот метод включает несколько стадий, а именно самоорганизацию, нанесение тонких пленок и сухое травление аргоновой плазмой. Именно на последнем этапе субстрат с закрепленными частицами наклоняют, отчего частицы и получаются асимметричными.

«Наше предыдущее исследование показало, что симметричные нанокольца дают вихревое состояние поля лишь в 40 случаях из 100. А у несимметричных колец вероятность гораздо выше — от 40 до 100%», — говорит Фрэнк Жу.



**ОПОЗНАНИЕ ГРИБОВ**

*Австрийские биологи придумали, как быстро опознать микрогрибы, которые портят старинные книги.*

Astrid Michaelсен,  
astrid.michaelсен@  
univie.ac.at

Плесень в древних книгах — постоянная головная боль библиотекарей и реставраторов. А чтобы с ней бороться, нужно знать, какой именно из многочисленных видов микрогрибов поразил старинный фолиант. Дело это довольно утомительное: требуется взять образец пораженного материала, вырастить на его основе культуру грибка, а уже потом идентификацию. И размер образца должен быть немалым, а значит книга страдает еще и от ученых. Кроме того, грибок, который находится в неактивном состоянии, в культуральной среде расти не будет.

Дипломница Венского университета Астрид Михаельсен решила применить более щадящий метод. Для опознания грибка ей нужен проводить лишь небольшой кусочек ДНК. Размножив его с помощью полимеразной цепной реакции, можно наработать достаточно материала для анализа. Так удается обнаружить даже неактивные грибки. А самое главное в том, что в грибковой ДНК есть специальный участок ITS1, уникальный для каждого вида грибов.



**ЛАЗЕРНАЯ ПРИМЕРКА ОБУВИ**

*Созданная европейцами технология поможет сделать более удобную обувь.*



Enrique Montiel,  
emontiel@inescop.es

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

Старожилы рассказывают, что было время, когда в обувных магазинах стояли рентгеновские аппараты, с помощью которых можно было проверить, сколь хорошо обувь пришлась по ноге. Потом из-за очевидной вредности такого способа аппараты убрали, и долгие годы выбрать подходящую обувь оставалось только на ощупь. Исправить ситуацию решили инженеры из испанского Технологического института обуви (INESCOP) при поддержке Европейской комиссии. Проблема повышения качества туфель и ботинок для европейцев весьма актуальна: сейчас на континенте шьют всего 800 миллионов пар, в то время как азиаты поставляют на мировой рынок в два раза больше. Сделав обувь более удобной, европейские обувщики надеются выиграть в конкурентной борьбе.

«Традиционно изготовителей обуви интересует массовое производство, а не удобство покупателя, — говорит руководитель проекта Энрике Монтиель. — Мы создали аппаратуру и программное обеспечение, которое позволяет быстро, просканировав ногу лазером, создать ее трехмерную компьютерную модель. В результате становится возможным персональный подход».

Благодаря этой технологии изготовители обуви смогут улучшить формы колодок, видимо обобщив данные по формам ног своих покупателей. Продавцы же, получив виртуальную модель ноги клиента, посоветуют ему самый подходящий ботинок. Более того, появляется возможность сделать персональную обувь для клиента, что, по мнению Энрике Монтиеля, обойдется всего на 10–20% дороже.

«Испытания, которые мы провели в обувных лавках нескольких стран, показали: клиенты весьма охотно позволяют сканировать свои ноги, чтобы подобрать удобную обувь. Такая услуга в самом деле привлекает покупателей», — говорит Энрике Монтиель.

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

**МЕДЬ ПРОТИВ МИКРОБА**

*Британские биологи установили, что медь помогает борьбе с эпидемиями.*

Professor Bill Keevil,  
c.w.keevil@  
soton.ac.uk

Профессор Билл Кивил и доктор Джонатан Нойс из Саутгемптонского университета поставили следующий эксперимент. Они нанесли по два миллиона вирусных единиц гриппа А (H1N1) на пластинки из чистой меди и нержавеющей стали, после чего следили, сколь долго проживут вирусы на этих металлах. Оказалось, что сталь — не самая плохая среда для жизни вирусов: через шесть часов их число уменьшилось в два раза, а за сутки — в четыре. Медь же оказалась гораздо менее гостеприимна: за час пребывания на ней погибли три четверти вирусов, а через сутки из двух миллионов осталось всего 500 единиц.

Это исследование продолжает серию работ ученых. В предыдущих опытах они установили, что и кишечные палочки, и устойчивые к антибиотикам золотистые стафилококки, и листерии гибнут, попав на медь.

«Наши результаты показывают, что всевозможные дверные рукоятки, косяки, умывальники и прочие предметы, к которым люди часто прикасаются в больницах или общественных учреждениях, желательно делать из меди или медных сплавов с высоким содержанием этого металла. Это отличный материал, который препятствует распространению инфекций», — говорит профессор Кивил.

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

**ДАТЧИК КИСЛОТЫ**

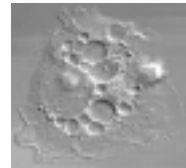
*Испанские и британские ученые придумали, как померить кислотность внутри живой клетки.*

Пресс-секретарь  
Hugo Cerda,  
hcerda@sg.uji.es

«В обще-то реакция внутренней среды организма близка к нейтральной, однако некоторые процессы идут при повышенной кислотности. Например, оксид азота в среде с разным рН ведет себя по-разному. И чтобы знать, какой именно процесс мы наблюдаем, нужно иметь точную информацию о кислотности среды, причем в микромасштабе», — поясняет идею руководитель работы профессор Сантьяго Луис Лафиенте из университета им. Хайме I Завоевателя (Испания).

В качестве микроскопического рН-метра испанским ученым послужил синтезированный при помощи коллег из университета Восточной Англии флуоресцирующий псевдобелок. Сила его свечения плавно меняется при снижении рН от 6 до 4. Именно в этих пределах меняется и кислотность внутри клеток живых организмов.

Пока что этот молекулярный датчик приспособили только для изучения процессов, которые связаны с оксидом азота. Однако в будущем его надеются применять и для ранней диагностики рака. Ведь раковая опухоль как раз и представляет собой ткань, в которой кислотность меняется от участка к участку.



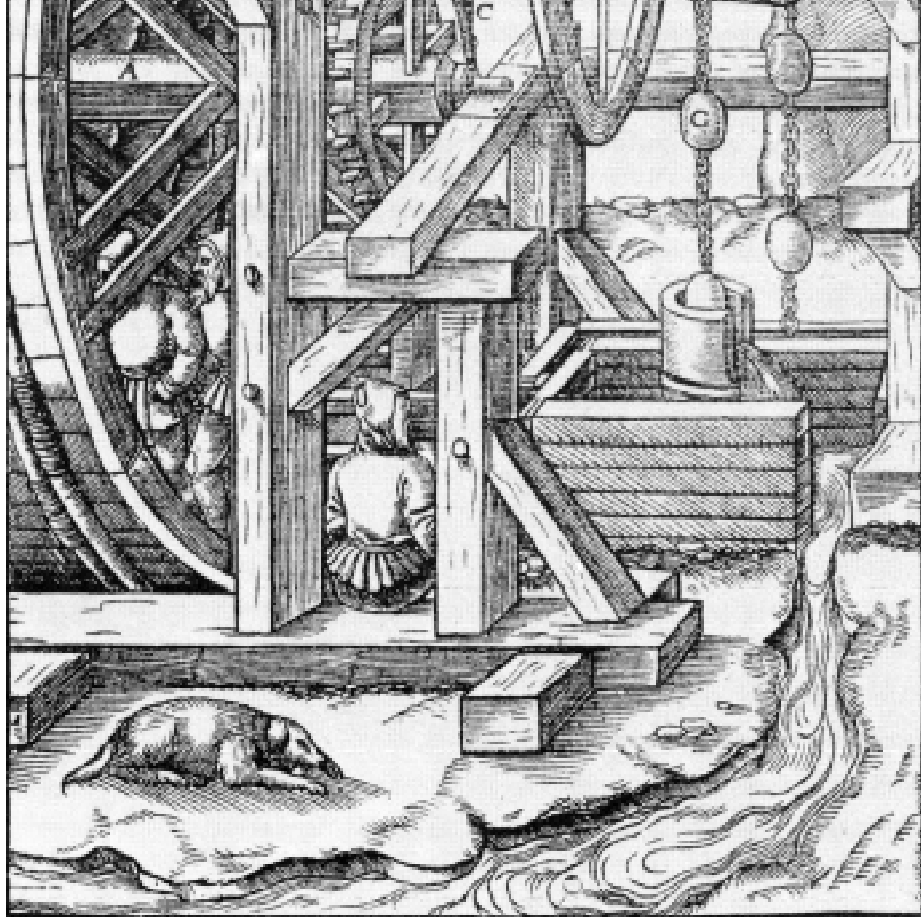
# Чище ЧИСТОГО

**Л**еонардо да Винчи назвал воду соком жизни, однако этот сок часто бывает отравлен. Результаты анализов показывают, что в России каждая четвертая проба опасна для здоровья по химическим показателям и каждая пятая — по бактериальным. Чем больше мы узнаем о загрязнении окружающей среды, тем больше задумываемся о качестве воды, которую пьем, и о том, как улучшить ее состав. В городе об этом заботятся специальные организации, например санитарно-эпидемиологические службы. Если же мы пользуемся водой из индивидуальной скважины, колодца, родника, то обеспечивать ее чистоту и собственное здоровье нам придется самим.

Состав воды зависит от многих факторов: глубины и направления водоносного слоя, близости возделываемых полей, свалок, канализационных стоков и т. п. Опасные компоненты неплохо задерживаются глинистыми почвами, играющими роль сорбента, а песчаные они преодолевают без труда, попадая в подземные воды. В более глубоких скважинах вода обычно чище, чем в неглубоких, но не всегда. Как же определить, пользу или вред здоровью принесет вода, которую мы пьем и добавляем в пищу?

Напомним читателям, что показатели качества воды разделяют на следующие группы: органолептические (запах, привкус, цветность, мутность), химические (содержание различных химических соединений, в том числе солей, ионов металлов, нефтепродуктов, токсичных элементов) и микробиологические.

Состав воды определяет аналитическая лаборатория. В ней должны быть чувствительные спектрофотометры, позволяющие измерять низкие концентрации катионов и анионов; колориметры, газовые и жидкостные хроматографы, в частности, для ионной хроматографии. Не вышли из упот-



ребления и классические титриметрические методы.

Без химического анализа невозможно подобрать схему водоочистки, причем проверять состав воды необходимо не только на начальном этапе, но и в процессе работы водоочистного оборудования — для систематического контроля его эффективности. Если речь идет о питьевой воде, то проверяют также ее биологические показатели. Этим занимается микробиологическая лаборатория. Состав микроорганизмов в воде очень изменчив, особенно в теплое время года, поэтому исследования проводят периодически, оценивая бактериологические, вирусологические и паразитологические показатели.

В последние годы немало внимания уделяется не только стационарным исследованиям, но и полевым передвижным лабораториям. В них используют простые методики, которые можно выполнить либо с применением компактных переносных приборов, либо вообще без них. К примеру, кондуктометры и pH-метры работают на батарейке и чуть больше обычного маркера. Диапазон измеряемых величин у таких устройств сужен, а результаты не очень точны, однако эти недостатки компенсирует мобильность подобных исследований. Для определения жесткости воды разработаны индикаторные полоски. Распространен и «капельный» титриметрический метод: некоторый объем воды титруют,

пока не исчезнет или не появится окраска, и, сосчитав количество капель реактива, пошедшего на титрование, по таблице определяют концентрацию искомого вещества.

Состав воды регламентируется Санитарными правилами и нормами (для питьевой воды это СанПиН 2.1.4.1074-01). Там указаны верхняя граница (предельно допустимая концентрация, ПДК) или интервал содержания того или иного компонента (табл. 1). Однако существует и такое понятие, как физиологический оптимум, — концентрация, которая наиболее естественна и полезна для организма человека. Физиологический оптимум находится в рамках допустимых концентраций, но не всегда абсолютно совпадает с ними.

Далее мы расскажем о том, какие показатели качества питьевой воды чаще всего определяют в лабораториях.

Цветность, обусловленную гуминовыми веществами и комплексными соединениями железа, измеряют визуально или фотометрически: окраску пробы сравнивают с окраской смеси бихромата калия и сульфата кобальта в определенных пропорциях. Ряд пробирок с этими веществами составляет условную тысячеградусную шкалу цветности. Запах воде придают летучие вещества, образующиеся в ней или попадающие в нее со сточными водами. Мутной вода становится из-за взвешенных мелкодисперсных примесей — нерастворимых или коллоидных частиц разного происхождения.





Общая жесткость воды характеризуется содержанием в воде катионов кальция и магния. По нормам она не должна превышать 7 мг-экв/л. (Миллиграмм-эквивалент — это выраженное в миллиграммах отношение молекулярной массы иона к его заряду.) Однако физиологический оптимум составляет 3,0–3,5 мг-экв/л. Интенсивное образование накипи в электробытовых приборах происходит при жесткости выше 5 мг-экв/л. Для этого показателя необходима золотая середина — вредны как избыток, так и недостаток. Не стоит умягчать воду, если ее жесткость в пределах физиологического оптимума, иначе организм человека недополучит важных солей кальция и магния. Но не стоит увлекаться и жесткой водой, чтобы избежать отложения солей в организме.

Фосфаты и нитраты попадают в воду из минеральных и органических удобрений.

Нефтепродукты могут проникнуть в воду через почву, если ее источник находится рядом с автозаправочной станцией или если в скважины при бурении натекает солярка.

Красно-рыжий цвет воде придает избыток железа. Иногда только что набранная в емкость вода прозрачна, а при ее отстаивании образуется красно-рыжий осадок или налет на стенках емкости. Это происходит из-за того, что железо изначально находилось в растворенной (бесцветной) форме, а затем окислилось кислородом воздуха и перешло в нерастворимую форму. Его источниками в воде часто служат старые трубы и водосборные емкости. Бытует ошибочное мнение, что железо в воде полезно для организма в любом количестве. Это неверно. Постоянное употребление воды с избытком железа может привести к заболеваниям органов желудочно-кишечного тракта. В лабораториях отдельно проверяют содержание общего железа (растворенного вместе с нерастворенным) и растворенного железа. Нередко концентрация этого элемента и марганца повышается одновременно.

Содержание в воде органических соединений характеризует перманганатная окисляемость — количество перманганата калия, необходимого для их окисления. Чем она выше, тем их больше. Воду, перманганатная окисляемость которой более 2 мг-экв/л, употреблять не рекомендуется, предельно допустимый уровень — 5 мг-экв/л.

Содержание органических соединений и аммонийного азота важно знать тем, кто опасается, что питьевая вода контактирует с содержимым выгребной ямы. Если такое происходит, эти два показателя увеличиваются.

Для всего живого в воде (за немногими исключениями) минимально воз-

можная величина рН = 5; дождь, в котором рН < 5,5, считается кислотным. В питьевой воде допускается рН 6,0–9,0; в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования 6,5–8,5. При рН ниже 6,5 ускоряется коррозия труб. Как показывает практика, рН воды крайне редко не соответствует норме. Однако его необходимо знать при установке сложных дорогостоящих фильтров-систем, чтобы оптимизировать их работу.

Фторид — жизненно важный ион, необходимый для роста и сохранения зубов и костей. Он препятствует образованию кариеса. Вода — основной источник фторида для человека. Вредны как его недостаток, так и избыток. Золотая середина лежит в пределах 0,7–1,5 мг/л, предельно допустимый уровень — 1,5 мг/л. Содержание фторида повышается, когда в воду попадают минеральные фосфорные удоб-

рения, содержащие его как примесь.

Неприятный запах воды, напоминающий запах болота или тухлых яиц, возникает из-за высокого содержания сероводорода и серобактерий. Такая вода оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Если запах появился после установки какого-либо оборудования (накопителя, фильтра, нагревателя) и особенно если там тепло и застаивается вода, то, значит, серобактериям понравилось нововведение. Для борьбы с ними выпускают специальные препараты, которые подавляют жизнедеятельность микробов в системах водоснабжения.

Весьма полезно проверить в воде содержание нитратов, особенно в местах, где еще осталось земледелие, даже если землю там обрабатывают не так интенсивно, как прежде. Нитраты могут попадать в воду из минеральных и органических удобрений, со скотных

Таблица 1  
Предельно допустимые концентрации некоторых компонентов в питьевой воде

Показатели, ед. измерений	Нормативы ПДК		
		1	2
рН, ед	6–9	Кислород растворенный, мг/л	не менее 4
Цветность, град.	20	% нас.	не менее 50
Запах, (20°С/60°С), баллы	2	Химическое потребление кислорода (ХПК), мг O <sub>2</sub> /л	не более 15
Привкус, баллы	2	Нефтепродукты, мг/л	не более 0,1
Мутность, ЕМФ	2,6	Нитриты, мг/л	3,0
Общая жесткость, мг-экв/л	7,0	Кальций, мг/л	180,0
Общее солесодержание (по Na Cl), мг/л	1000	Магний, мг/л	50
Хлориды, мг/л	350	Хлор остаточный, связанный, мг/л	0,8–1,2
Сульфаты, мг/л	500	Хлор остаточный, свободный, мг/л	0,3–0,5
Фосфаты, мг/л	3,5	Медь, мг/л	1,0
Нитраты, мг/л	45	Свинец, мг/л	0,03
Сульфиды, мг/л	0,003	Кадмий, мг/л	0,001
Железо общее (Fe <sup>2+</sup> и Fe <sup>3+</sup> ), мг/л	0,3	Алюминий, мг/л	0,5
Марганец, мг/л	0,1	Хром общий, мг/л	0,005
Окисляемость перманганатная, мг O <sub>2</sub> /л	5,0	Ртуть, мг/л	0,0005
Аммоний, мг/л	2,5	Бор, мг/л	0,5
Фторид, мг/л	1,5	Фенолы, мг/л	0,001
Щелочность карбонатная, мг/л	100	ПАВ, мг/л	0,5
Щелочность гидрокарбонатная, мг/л	1000	Никель, мг/л	0,1
Кремний, мг/л	10,0	Цинк, мг/л	5,0
Сухой остаток, мг/л	1000	Натрий, мг/л	200,0
Органические кислоты, мг/л		Линдан, мг/л	0,002
монокарбоновые алифатические	не более 0,7	2,4-Д, мг/л	0,03
ароматические	не более 0,5	ДДТ (сумма изомеров), мг/л	0,002

дворов. В колодцах и скважинах глубиной до 25–30 м проверяют нитрат, а в более глубоких скважинах, которые относят уже к артезианским, — нитрит.

Качество воды неодинаково на разных глубинах и даже в разных скважинах на одном участке. Ошибочно мнение, что чем скважина глубже, тем чище вода. Все может быть наоборот. Следует учесть, что источник воды, которым до вас пользовалось не одно поколение людей, вполне мог загрязниться и поменять свои оздоровительные свойства на противоположные.

Краткий анализ воды включает определение 10–15 основных показателей, а расширенный анализ необходим, если вы хотите установить серьезную систему очистки воды. Это имеет смысл при индивидуальном водопользовании. Если же оно централизовано, то достаточно установить несложную систему, корректирующую несколько показателей. Обычно требуется отфильтровывать нерастворимые частицы, умягчать воду и удалять из нее железо. При установке фильтров воду проверяют и на входе, и на выходе, причем не только по тем компонентам, содержание которых корректировали. Это позволит убедиться, что фильтры работают правильно и из них в очищенную воду не поступают частицы фильтрующих материалов, серебра, которое используется для предотвращения роста микроорганизмов, и реагентов (например, марганца при удалении железа).

Состав воды может от года к году меняться, поэтому анализ необходимо периодически повторять. Если источником служит скважина и пользуются ею не постоянно, то после долгого простоя, перед тем как начать использовать воду в пищу или нести на исследование, рекомендуется прокачать ее в течение 4–6 часов.

Говоря об аналитических исследованиях воды, нельзя забывать про отбор пробы. Эта операция, такая простая на первый взгляд, весьма важна, и от ее правильного выполнения во многом зависит точность результатов.

При отборе проб из скважин необходимо оценить ее глубину, так как вода в различных водоносных горизонтах может значительно различаться по составу. Для получения репрезентативных, представительных проб при отборе воды из водопроводных сетей ее спускают в течение 10–15 мин., а затем она должна медленно течь в емкость до переполнения. Посуда для отбора проб должна быть чистой. Ее нужно вымыть горячей мыльной водой без применения других моющих средств, а затем многократно ополоснуть чистой теплой водой. В бытовых условиях подойдет пластиковая бутылка

ка объемом не менее литра из-под минеральной или питьевой воды, но не из-под газированных напитков. Бутылку после мытья ополаскивают не менее трех раз отбираемой водой, воду наливая под горлышко, не оставляя воздушной прослойки.

Для получения достоверных результатов анализ следует выполнять как можно скорее после отбора. В воде протекают процессы окисления-восстановления, сорбции, седиментации, биохимические реакции, вызванные жизнедеятельностью микроорганизмов. В результате некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться (нитраты — до нитритов или ионов аммония, сульфаты — до сульфитов). Эти процессы можно замедлить, охладив воду в холодильнике до 5–10°C. Можно также провести консервацию пробы, причем консервант неодинаков для разных веществ. Его подбирают для каждого элемента и в пробе анализируют только этот элемент. Указанные в таблице 2 способы консервации обеспечивают хранение пробы в течение 1–3 суток.

Как же обеспечить себя хорошей водой? Можно покупать ее в бутылках, но это оправдано только тогда, когда сразу несколько показателей значительно превышают допустимый уровень. Использование фильтров зачастую удобнее и дешевле, особенно если нужна незначительная коррекция. Это могут быть небольшие фильтры-кувшины, способные работать без водопровода, фильтры-насадки, устанавливаемые непосредственно на кран, а некоторые из них даже фильтруют воду, налитую в обыкновенную пластиковую бутылку. Такие системы более выгодны для дачников, когда нет необходимости очищать воду ежедневно и круглый год. Для тех, кто постоянно пользуется индивидуальным источником, бывает оправдано установить целую систему очистки — комплекс, состоящий из нескольких фильтров, каждый из которых выполняет свою функцию. К сожалению, универсальные фильтры, очищающие воду от всех вредных компонентов одновременно, остаются мечтой.

Таблица 2

**Способы консервации проб воды**

Анализируемый показатель	Консервант
Алюминий, никель, железо общее	3 мл концентрированной соляной кислоты (до pH2)
Аммиак и ионы аммония, нефтепродукты, нитраты и нитриты, поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные вещества, сухой остаток, фосфаты, цветность	2–4 мл хлороформа
Металлы тяжелые (медь, свинец, цинк)	3 мл азотной кислоты (до pH 2)
Окисляемость бихроматная (ХПК)	10 мл серной кислоты
Окисляемость перманганатная	50 мл раствора серной кислоты (1:3)

Фильтры очень разнообразны и различаются по принципу действия, комплектации, направленности, стоимости. Приобретая импортный фильтр, помните, что он разработан для воды той страны, где производится. Если ее состав отличается от воды, которую предстоит очищать, это может снизить эффективность его работы. Выбирая фильтр, прежде всего необходимо учитывать результаты лабораторного анализа: он точно укажет на те соединения, концентрацию которых необходимо снизить. Так, если в воде слишком много фтора, покупка фильтра с фторолирующим картриджем окажет на здоровье действие, противоположное указанному в рекламе. Незачем удалять хлор из воды, взятой из скважины и колодца, где ее никто не хлорирует.

Особое внимание стоит уделять ресурсу фильтра. Важная деталь: указываемый производителем ресурс — это не просто количество воды, которое фильтр может эффективно очистить. Это количество воды, соответствующей нормам по содержанию различных компонентов. Если она более грязная, то ресурс фильтра снижается, следовательно, необходимо чаще менять фильтрующий элемент. Не стоит экономить на картриджах. Отработавший свой ресурс картридж не улучшает воду, а иногда даже ухудшает. Определить загрязненность фильтра на глаз невозможно, поэтому нужно заранее просчитать, сколько воды пропускают через фильтр в день, сопоставить полученное число с ресурсом и выяснить, сколько дней фильтром можно пользоваться. Хорошо, когда в составе фильтрующего элемента есть соединения, препятствующие росту и размножению микроорганизмов в самом фильтре. Микробиологическая загрязненность картриджа, особенно угольного, нередко приводит к тому, что перманганатная окисляемость, то есть количество органических примесей, после фильтрации выше, чем до нее.

При подборе серьезной системы фильтров необходимо решить, для каких целей будет использоваться вода. Очевидно, что нет смысла облагоражи-

вать до уровня питьевой воду, используемую для хозяйственных нужд. В этом случае достаточно отфильтровать механические примеси, которые могут выводиться из строя системы водоснабжения, отопления и бытовые приборы, а иногда снизить жесткость, что предотвратит образование накипи и уменьшит расход электроэнергии. Если на сантехническом оборудовании появляется ржавый налет, необходимо снизить содержание железа.

Фильтр-систему нужно устанавливать в помещении с положительной температурой. Туда подводят водопровод, электричество и канализацию (для отвода воды при промывке фильтров, которая обычно происходит в автоматическом режиме). Опять же следует обратить внимание на характеристики самого фильтра, так как все они предназначены для удаления загрязнений в определенных концентрациях. Если в воде больше загрязнений, то фильтр не справится с ее очисткой и быстро выйдет из строя. Нужно учесть, что фильтр предназначен для воды, имеющей определенный состав в целом, а не подбирается только под тот компонент, содержание которого он корректирует. Это может быть требование к отсутствию в воде нефтепродуктов, к определенному диапазону pH, к прозрачности и т. п. Еще одна характеристика системы — рабочий диапазон температур. Немаловажно для потребителя наличие гарантийного и сервисного обслуживания (замена нерегенерируемых элементов, пополнение реагентов). Решившись на установку фильтр-системы, выбирайте компанию, которая подберет ее именно под состав вашей воды, а не просто торгует стандартными наборами.

Производительность системы — одна из основных ценообразующих характеристик, и здесь важно не ошибиться. Неверно рассчитывать ее по среднесуточному расходу воды, который можно определить, например подключив к водопроводу счетчик. Важно учесть все точки водозабора (кран, душ, санузел) и не перепутать производительность (сколько кранов вы можете одновременно открыть, то есть с какой наибольшей скоростью вода может проходить через фильтр) и потребление (сколько всего воды израсходуется за сутки, без учета того, было это количество взято в течение нескольких минут или нескольких часов).

Важен также правильный подбор насоса к системе. Он должен не только дать потребителю необходимое количество воды, но и промыть фильтр, а для этого создать хороший напор, способный смыть грязь с сорбента. Помимо основного насоса устанавли-

ваются насосы-дозаторы, подающие в систему реагенты. И не забывайте, что большинство систем промываются автоматически. Поинтересуйтесь, на какое время суток эта промывка запрограммирована и какова длительность процесса. В это время пользоваться водой не рекомендуется. Если вы можете переждать время промывки и не брать воду, то такая система обойдется дешевле, чем та, которая способна работать постоянно. Во втором случае вам подключат два одинаковых фильтра — пока моется один, работает другой.

И в заключение о том, какие по своему назначению бывают фильтры. Фильтры предварительной очистки задерживают нерастворимые механические примеси (песок). Они представляют собой сито из нержавеющей стали с определенным размером ячеек. Также распространены осадочные фильтры предварительной очистки, которые помимо механических частиц способны задерживать нерастворенное железо. Эти фильтры, как правило, не регенерируются (у них сменные картриджи), срок их службы — от нескольких месяцев до года. Их устанавливают перед другими фильтрами. Такого фильтра может быть достаточно для санитарно-гигиенической, непитьевой воды.

Обезжелезиватели удаляют из воды железо и марганец. Железо из растворенной формы переводят окислением в нерастворенную, полученный осадок задерживается на сорбенте. Для этого через воду продувают воздух или добавляют реагент-окислитель, например перманганат калия. Осадок с фильтра смывается противотоком.

Ионообменные фильтры содержат ионообменные смолы и заменяют вредные ионы на безвредные. К этой группе относятся корректоры щелочности, содержащие нитратов, тяжелых металлов, органических соединений и другие.

Умягчители (большинство из них также ионообменники) снижают жесткость воды, обменивая ионы кальция и магния на безвредный ион натрия. Сорбент регенерируется раствором поваренной соли. Нередко в паре с умягчителем работает устройство Ву-Пасс. Оно поднимает жесткость от нулевого до оптимального уровня, смешивая определенные количества воды после умягчителя с исходной.

Угольные сорбционные фильтры состоят из активированного угля. Наиболее эффективен кокосовый уголь. Срок их службы — обычно не более года. Такие фильтры улучшают органолептические показатели воды, удаляют органические примеси и хлор. К сожалению, они являются хорошей средой для роста микроорганизмов.



Корректоры pH связывают агрессивную углекислоту, придающую кислотной воде коррозионные свойства. Один из способов изменить pH в щелочную сторону — продувать воду воздухом. Некоторые ионообменные фильтры изменяют pH очищаемой воды, поэтому после них необходима корректировка этого показателя.

Обеззараживатели завершают подготовку питьевой воды. Обычно они обрабатывают воду реагентами-окислителями, чаще всего хлором или его производными, а продукты окисления затем задерживает фильтр. Недостаток метода в том, что необходимы длительный контакт клетки микроорганизма с реагентом и точное дозирование реагента. Бывают также устройства с ультрафиолетовыми лампами, которые установлены в специальном корпусе и непрерывно светят через отверстия на протекающую воду. Преимущества такого способа — быстрота и экологичность процесса, так как не применяются реагенты.

Мембранные фильтры — одни из самых дорогих. Полупроницаемая пленка-мембрана задерживает практически все загрязнения, в том числе и бактерии, пропуская через свои мельчайшие поры лишь частицы, соизмеримые с молекулами воды. Срок службы — в среднем 3–5 лет. Недостаток — небольшая скорость пропускания воды.

Фильтр-ловушка — дополнительное устройство, которое устанавливается на случай аварий, чтобы уловить сорбенты, если их вынесет из основного фильтра.

Инженеры создали множество разнообразных устройств и методов, которые помогут нам проверить качество воды и исправить его, если оно неудовлетворительно. Нужно только грамотно ими воспользоваться — и вода станет источником здоровья, а не болезней.





Л.Хатуль

# Да, будет свет



*Человечество создало несколько типов источников света, работающих на разных принципах. Источник света может быть сделан на основе любого физического эффекта, связанного с испусканием света, но реальное массовое применение сегодня получили три. Ни светлячками, ни гнилушками человек свой путь освещать не будет (если, конечно, не случится чего-то совсем катастрофического). Выбор источников света в истории человечества определился их параметрами.*

## Чем лампы отличаются друг от друга

Первый параметр — световой поток. Сколько света дает лампа на ватт переданной ей мощности, какова ее «световая отдача»? У лампы накаливания этот параметр составляет обычно 12 лм/Вт, у галогенной лампы — 18 лм/Вт, у натриевой лампы — 120 лм/Вт. Немедленно возникает вопрос — почему последние не вытеснили все прочие?! Скоро мы это узнаем.

Световая отдача зависит от того, свет какого цвета излучает лампа, поскольку чувствительность глаза человека к излучению разного цвета (с разной частотой, разной длиной волны) различна. Например, у инфракрасного или ультрафиолетового излучателя световая отдача ноль лм/Вт — ватты он потребляет, излучение испускает, но мы его не видим — это не свет. Световая отдача — самый важный параметр лампы с точки зрения энергосбережения, и развитие источников света — это попытки увеличить световую отдачу. Здесь есть предел, хотя до него еще и далеко. На рисунке показано, какие значения световой отдачи можно получить при идеальном преобразовании электроэнергии в свет разной частоты.

Этот график («кривая видности») определяет, сколько люменов видимого света несет в себе каждый ватт

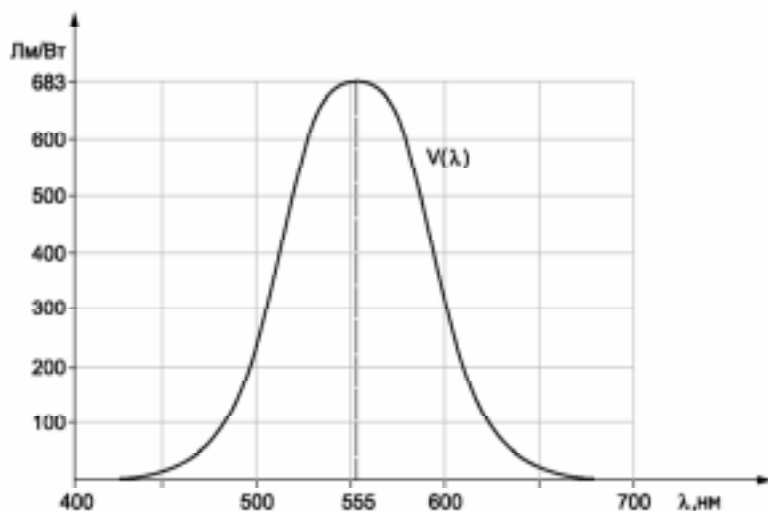
лучистой энергии монохроматического излучения той или иной длины волны. При идеальном (без потерь) преобразовании электроэнергии в свет кривая видности как раз и покажет максимальную световую отдачу источника света заданного цвета излучения. Так, для 555 нм (желто-зеленый цвет) мы получим абсолютный рекорд световой эффективности — 683 лм/Вт, а, скажем, для 630 нм (красный цвет) — всего 180 лм/Вт. Лампы, дающие белый свет, представляющий собой смесь разных излучений, могут иметь разный спектр: линейчатый, полосатый, сплошной. В зависимости от спектра максимально возможная световая отдача может быть разной.

Второй параметр — срок службы. Лампы перегорают, кроме того, световой поток лампы уменьшается в процессе работы. Поэтому различают полный (пока не перегорит) и полезный (пока световой поток не упадет ниже определенного предела) срок службы. Проектируя световое решение, нельзя забывать о дальнейшей эксплуатации осветительной установки, в частности о замене ламп. Необходимость частой замены ламп в труднодоступных местах может превратить эксплуатацию в кошмар. Современные источники света сильно отличаются по сроку службы. Срок службы ламп накаливания составляет около 1000 часов, сильно зависит

от культуры производства и имеет большой разброс, срок службы люминесцентных ламп в несколько раз больше, но лидер здесь — светодиоды: лампу накаливания пришлось поменять более 100 раз, а светодиод все светит и светит...

Третий параметр — распределение потока света в пространстве. Основную работу здесь делает осветительный прибор, образно говоря, абажур, но важен и размер источника света. Чем он меньше, тем легче использовать отражатели и линзы, чтобы добиться необходимого распределения светового потока в пространстве — например, сфокусировать свет в яркое пятно или узкий луч. Лампы с большой поверхностью свечения (например, люминесцентные) создают «мягкий» свет — не поддающийся фокусировке и не дающий резких теней.

Четвертый параметр — спектральный состав. Как он отражается на световой отдаче, мы уже знаем. Но для человека важна «естественность» освещения, близость спектра либо к солнечному, к которому он привык за всю биологическую историю, либо к тому, к которому он привыкает в течение своей жизни. Причем человек привыкает не собственно к спектру, а к сочетанию спектра и ситуации. Например, свет люминесцентных ламп в доме многими воспринимается как неестественный, хотя он ближе к солнечному, чем свет ламп накаливания. И дело не только в «цвете света». То, в каком цвете мы видим окружающие объекты, зависит от спектрального состава освещения. Под именно этот, привычный, искусственный свет за десятилетия адаптировалась мода, дизайн, живопись — все, что создает цвета окружающего нас мира — дома,



в цеху, в офисе. Можно подобрать окраску комплекта мебели, одежды, картин и т.п. так, чтобы этот специальный комплект выглядел при люминесцентном освещении, как обычный комплект — при свете ламп накаливания. Автору неизвестно, пытался ли кто-то сделать это.

Но осуществить эту операцию можно, только если спектры двух «светов» отличаются не слишком сильно. Объект, покрашенный синей краской, вообще не отражающей, например, желтого излучения, при облучении спектрально-чистым желтым излучением нельзя увидеть никаким, кроме черного. В частности, именно поэтому не будут применяться в быту замечательно экономичные натриевые лампы (газоразрядные высокого давления, с разрядом в парах ртути и натрия) — их спектр очень сильно отличается от любого из привычных. Но для освещения улиц их применяют.

## Какие они бывают

Лампа накаливания — это вольфрамовая спираль, помещенная в колбу, из которой откачан воздух, разогревается под действием электрического тока. Воздух необходимо удалять, потому что вольфрам выше 400°C окисляется, а при рабочих температурах лампы сгорает «быстрее света», покрывая колбу изнутри бело-желтым или синим налетом. Это цвет разных оксидов вольфрама, и он зависит от режима горения: при дефиците кислорода получается один, при избытке другой. Вместо воздуха в лампе может быть вакуум или инертный газ, последний уменьшает испарение вольфрама и увеличивает срок службы, но уменьшает световую отдачу, отводя тепло от нити. Вольфрам выбран для нити накаливания потому, что он имеет наименьшую скорость ис-

парения, то есть обеспечивает максимальный срок службы. Сам выход из строя нити — элегантная физическая задача: это лавинообразный процесс, который стартует в месте трещинки или иного дефекта нити, увеличивающего ее локальное сопротивление, стало быть — тепловыделение, температуру, испарение... пошло-поехало по экспоненте и перегорело.

Тезис насчет наименьшей скорости испарения у вольфрама требует некоторого комментария. Это действительно так, а за вольфрамом следуют тантал, рений, осмий, ниобий и на шестом месте — углерод. Причем первые трое проигрывают вольфраму примерно порядок, а ниобий и углерод — два. Отсюда ясно, что, как только технология вольфрама была доведена до того, что тонкую проволоку стали получать в любых количествах, вопрос о материале нити накала был решен (технологически тантал и ниобий значительно проще). Но этот закрытый вопрос со дня на день может открыться, и вот почему. Все знают, каково строение углерода: это плоскости, уложенные гексагонами, шестиугольниками из атомов. Каждый атом в такой плоскости связан с тремя другими. А вот атом на краю плоскости — с двумя. И разумно предположить, что скорость испарения углерода определяется этими краевыми, относительно слабо связанными атомами. А у фуллеренов и в некоторых случаях у углеродных нанотрубок краевых атомов нет вообще. Значит, их термостойкость должна быть существенно выше, скорость испарения — меньше, а срок службы — выше. Причем если свернуть углеродную нанотрубку в кольцо (существование таких структур было предсказано М.Ю. Корниловым в 1985 году, а в 1999 году появились первые сведения о их получении), то может быть сделан бес-

контактный источник света — кольцо можно нагревать переменным электромагнитным полем (индуктором).

Галогенные лампы — это лампы накаливания, у которых в газ-наполнитель добавлен галоген (йод). Он обеспечивает транспортную реакцию — перенос вольфрама, напыленного на колбу, обратно на нить. Это позволяет либо увеличить срок службы, либо поднять температуру. Зачем увеличивать срок службы, понятно, а при увеличении температуры спектр излучения сдвигается с синюю сторону, цвет делается менее желтым и увеличивается доля мощности, излучаемой в видимой части спектра, то есть светоотдача. Галогенные лампы дороже обычных, поэтому их редко применяют в быту (к данным о сроке службы покупатель относится недоверчиво, а платить надо сразу), чаще в организациях. В быту их применяют за рубежом, но в тех странах, где в продаже есть светильники, предназначенные для этих ламп, например в Америке (у этих ламп другой цоколь и нужен соответственно другой патрон). В России в продаже преобладают светильники для ламп накаливания и газоразрядных. Поскольку рабочую температуру ламп обычно выбирают так, чтобы срок службы был больше в два — четыре раза, чем у ламп накаливания, то и эксплуатационные расходы оказываются примерно одинаковыми.

Люминесцентная лампа — это газоразрядная лампа низкого давления. Излучение разряда в парах ртути вызывает люминесценцию люминофора, и спектром можно управлять, изменяя состав люминофора. Существует несколько типов таких ламп — с разными спектрами, и наглядно увидеть различия можно в некоторых переходах в московском метро — лампы втыкали «какие завезли», и цвета чередуются случайным образом. Естественно, что улучшение спектра влияет на светоотдачу, у разных ламп она составляет 50–100 лм/Вт. Для работы люминесцентных ламп необходима специальная пускорегулирующая аппаратура, и это их недостаток, который мы обсудим немного ниже.



Преимущество этих ламп — долговечность (срок службы до 20 000 часов). Именно благодаря ей, да еще и экономичности эти лампы стали самыми распространенными источниками света в цехах, офисах и магазинах. В странах с теплым климатом они применяются в наружном освещении, но с уменьшением температуры давление паров всех веществ падает, ряд перестает зажигаться.

Разрядные лампы высокого давления используют разряд в парах металлов при высоком давлении. Из ламп этой группы мы видим на улицах натриевые лампы, с их прекрасной экономичностью (до 150 лм/Вт) и неестественным желтым светом. Правда, как и любой объект, они прогрессируют — у металлогалогенных ламп при хорошей светоотдаче (до 100 лм/Вт) неплох и спектр, и срок службы — около 15 000 часов.

Светодиоды называют источниками света будущего. Поначалу они генерировали красный свет (1962 год), потом появились желтые, зеленые (1976) и синие (1993). Причем одновременно с расширением освоенного участка спектра росла эффективность. В этот момент стало ясно, что на светодиодах можно сделать источник и белого света, расположив рядом два светодиода с надлежащими длинами волн и мощностями. Позже возникли лучшие варианты — расположенные рядом тройки и голубой светодиод с люминесцентным (как в люминесцентной лампе!) покрытием. На данный момент для белых светодиодов достигнута светоотдача 25 лм/Вт, хороший спектр и срок службы более 100 000 часов, который исключает конкуренцию по этому параметру.

Светодиоды дороги, и поэтому в первую очередь они внедряются там, где стоимость не очень существенна, а требования по надежности и сроку службы жестки. Дальнейшая их судьба будет определяться ростом светоотдачи — потому что экономия на электроэнергии со временем будет перекрывать стартовые расходы. Когда светоотдача достигнет уровня 50 лм/Вт, светодиоды уже могут счи-

таться реальной заменой ламп накаливания и галогенных, но будет еще рано говорить о замене люминесцентных ламп. Если же продолжать работы в этом направлении и дальше, то светоотдача полупроводников вырастет еще в несколько раз и через пару десятилетий превысит светоотдачу люминесцентных ламп более чем в 2 раза. Такой оптимистический прогноз базируется на примере красных светодиодов, чья эффективность еще в конце 80-х была лишь 5 лм/Вт, а сегодня — почти 75 лм/Вт. Светодиодные источники света стоят на пороге вторжения на рынок общего освещения, и это вторжение нам предстоит пережить в ближайшие годы.

### Кое-что о связи техники и жизни

Вообще, техника — не только светотехника — развивается неравномерно. При решении одной и той же постоянной задачи в первые ряды выдвигаются то одни, то другие решения. При каких условиях и почему возникают такие колебания? Прогресс в любой области зависит от прикладываемых усилий, то есть от инвестиций. И те, кто строит модели развития области, прямо так и формулируют: если мы вложим столько-то миллионов, то достигнем столько-то лм/Вт, а если втрое больше вложим — то, скажем, вдвое больше получим. Конечно, тут возможны ошибки, но если известно, во сколько миллионов встало человечеству удвоение эффективности красных светодиодов, во сколько — желтых и во сколько — синих, то грех не предсказать... А от чего зависит, сколько вложено? От перспектив, а их человек оценивает по достигнутому состоянию и скорости его изменения (производной). Причем если «отзывчивость» области на инвестиции — свойство природы, то отзывчивость человека на перспективы — свойство психологии. Поэтому модель развития экономики и техники должна включать кое-что из психологии.

Разные области техники связаны, причем эта связь может быть двух типов — через деньги, средства и непосредственно через общее техническое решение. Вот пример первой связи. В развитых странах на долю освещения приходится около более пятой части всей используемой энергии. Значит, степень важности светоотдачи источников света зависит от цен на энергию. При низких ценах люди могут позволить себе внедрять светодиоды, даже если они менее экономичны — из других соображений, например ради надежности. Но даже если они станут экономичнее, особых причин внедрять их не возникнет. При высокой стоимости энергии ситуация будет иной — их никто не будет замечать до момента, когда светоотдача будет готова превзойти некоторый порог, но уж тогда все кинутся инвестировать. А после преодоления порога — внедрять.

Заметим, что общество, живущее предельно напряженно, так действовать не может — оно бы и радо инвестировать, да нечего. Отнять ни у кого нельзя, а свободных средств нет. Такая ситуация лишает общество свободы маневра, вынуждает пропускать интересные возможности и не стандартные решения и в итоге не ускоряет, а тормозит развитие. Выполняется нечто подобное «закону сохранения» в физике — форсирование развития сегодня оборачивается торможением завтра.

Вот пример другой связи. В начале статьи упоминались пускорегулирующие устройства люминесцентных ламп, их традиционная принадлежность: тяжелый дроссель, ненадежный стартер. Они были нужны для того, чтобы определенным образом управлять напряжением на лампе и током через нее. Сейчас с этими задачами справляется маленькая схемка, которая помещается в цоколе стандартной лампы. Более того, вот уж казалось, куда люминесцентным дорогам закрыта — это в низковольтную область, например в карманные фонари. Но схемотехника продвинулась так, что оказалось вполне реальным брать напряжение 6 В (четыре батарейки), превращать его в переменное, повышать и питать люминесцентную лампу в карманном фонаре. На фото показан такой фонарь с двумя источниками света — светодиодом и люминесцентной лампой. Забавный пример гармоничного дополнения — а не конкуренции.





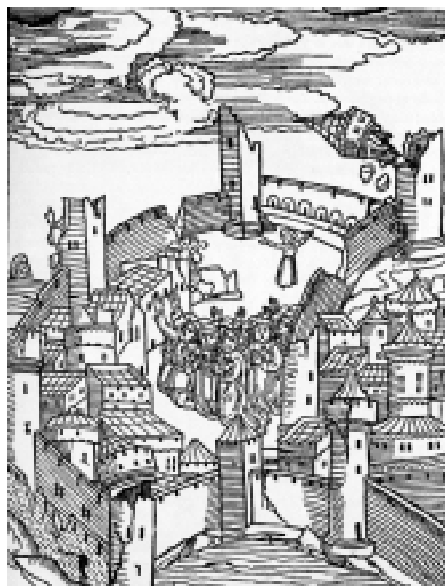


## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

### Бетон — ловушка для микробов

*Замечательное средство для защиты строительных сооружений от вредоносных микроорганизмов изобрели специалисты московского Института эколого-технологических проблем. Полимеры, синтез которых разработали химики ИЭТПа в сотрудничестве с коллегами из нескольких академических институтов, не только обладают биоцидным, то есть дезинфицирующим действием, но и улучшают технологические свойства цементных растворов и бетона. Первые после добавки полимеров становятся пластичнее, а второй — гораздо прочнее (ecotech@biocide.ru).*

Поразительно, какие крупные проблемы могут создать строителям разнообразные микроорганизмы! Уютно устраиваясь в мельчайших порах и микротрещинах, которыми пронизан бетон, бактерии чувствуют себя замечательно и без усталости размножаются, особенно во влажной и теплой среде. Все бы ничего, только продукты их жизнедеятельности порой весьма агрессивны по отношению к строительным материалам. Некоторые особо вредоносные бактерии выделяют даже кислоты, отчего медленно, но верно разрушается даже самый прочный бетон. Впрочем, по вредоносности они могут



посоревноваться с грибами, которые, раз поселившись в материале, способны при благоприятных условиях за несколько месяцев превратить только что построенный дворец в изъеденную коростой заплесневевшую лачугу.

Разумеется, люди борются с вредоносными микроорганизмами с помощью самых разнообразных дезинфицирующих средств. Беда в том, что традиционные биоцидные соединения, к сожалению, в большинстве своем либо недостаточно эффективны, либо слишком токсичны для людей. Новые же препараты для микробов губительны, а для человека вполне безвредны. Причина — в полимерной природе этих препаратов, так называемых полиалкиленгуанидинов, или сокращенно ПАГов.

Дело в том, что химические группировки, обладающие целевым биоцидным действием, в этих препаратах как бы привязаны к длинным полимерным цепочкам. Попав в цементный раствор, они входят в его состав и почти навечно в нем остаются. Понятно, что через кожу они не просочатся. Если же они все-таки попадут в организм человека, то превратятся под действием воды и ферментов в соединения вполне безопасные. Зато в бетоне эти же полимеры будут отравлять и угнетать жизнь микроорганизмов.

Интересно, что полимерная природа ПАГов дважды выгодна для строителей. Оказалось, что она приводит еще и к улучшению технологических свойств цемента и сделанного из него бетона. Материалы эти становятся пластичнее и прочнее, а цементные и бетонные растворы лучше проникают в поры и полости поверхностей и крепче на них держатся. Так что дома, сделанные из бетона с добавками таких полимеров, простоят куда дольше тех, что сделаны из обычного бетона. Людям в них будет комфортно, а вот вредоносным микробам — нет. Ну и хорошо.

## ФАРМАКОЛОГИЯ

### Лекарство из моли

*Насекомое под названием восковая моль, вернее, ее личинка - пахнущий медом червяк, отличная наживка, послужила сырьем для лекарства против туберкулеза, сердечно-сосудистых заболеваний и для стимуляции иммунитета. Изготовили и запатентовали этот лекарственный препарат*

*ученые из Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (kondrashova@iteb.ru).*

Исследователи разработали специальную технологию для выращивания полезной моли в искусственных условиях, хотя вообще восковая моль живет в улье с пчелами. В течение многих лет изучая спиртовой экстракт личинок, они установили, что это средство во-первых, стимулирует иммунную систему и физическую активность, регулирует энергетический обмен. Во-вторых, обладает высокой антиоксидантной активностью, и это основная отличительная особенность препарата. Ну и, наконец, ученые получили достоверные сведения о том, что экстракт помогает лечить болезни легких и сердечно-сосудистой системы.

«Включение спиртового экстракта восковой моли в комплексную терапию боль-



ных с впервые выявленным туберкулезом уменьшало количества дней нетрудоспособности и число больных, переведенных на инвалидность — до сорока процентов» — говорят исследователи.

Поскольку спиртовая форма препарата не подходит беременным и детям, для них разработана сухая форма из лиофилизированных личинок. Такой препарат можно использовать для повышения иммунитета, для лечения и профилактики различных заболеваний, в том числе и вирусных инфекций у домашних животных.

С лечебными свойствами вытяжек из восковой моли народная медицина была знакома давно. Известный русский ученый Илья Мечников начал серьезные исследования свойств этих личинок более ста лет назад, пытаясь создать противотуберкулезную вакцину. Он установил, что фермент, вырабатываемый личинками, может разрушать восковую оболочку туберкулезных бактерий. В 60-х годах советский исследователь Сергей Мухин создал первый противотуберкулезный препарат из личинок моли. Теперь же ученые значительно расширили спектр возможностей этого природного сырья.



# Разные разности

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,  
М. Егорова,  
Е. Сутоцкая

По материалам  
BBC News, New  
Scientist, PhysOrg.com,  
News@nature.com

**О**лени — единственные млекопитающие, обладающие удивительной способностью каждый год заново отращивать «часть тела» — покрытые бархатистой шкуркой рога. Как им это удается, до сих пор загадка природы.

Олени рога вырастают всего за три-четыре месяца, и это одни из самых быстрорастущих органов у млекопитающих. Когда они достигают максимального размера, кость затвердевает, мягкое кожаное покрытие отваливается и остается голая кость — великолепное оружие. Когда период спаривания завершается, животные расстаются с рогами, чтобы сберечь силы и не носить с собой ненужную тяжесть. Следующей весной из костного выступа на лбу снова начинает расти пара молодых рогов.

Специалисты из Королевского ветеринарного колледжа уверены, что начало оленю украшению-оружию дают стволовые клетки. Вероятно, их превращением в клетки костной ткани и кожи управляет некая система сигналов, в работе которой важную роль играют половые гормоны эстроген и тестостерон.

Долгосрочная цель проекта британских ученых — определить цепочку сигнальных молекул и восстановить всю последовательность событий, приводящих к регенерации рогов. Может быть, раскрытие этого механизма окажется полезным для медицины — подскажет, как восстанавливать поврежденные или больные ткани.

**С**отрудники Бристольского университета Н. Фрэнкс и Т. Ричардсон уверяют, что обнаружили, как одни муравьи обучают других. Из этого следует, что для обучения не обязательно большой мозг — была бы нужда сообщить сородичам важные навыки.

Ученые наблюдали за муравьями *Temnothorax albipennis*. Как правило, эти насекомые отправляются за пищей вдвоем, причем ведущий направляет ведомого от гнезда до источника еды. Он посылает сигналы, которые задают не только направление движения напарника, но и его скорость. Достаточно ли этого, чтобы считать подобную коммуникацию обучением? Видимо, нет: учитель тратит свое время на ученика, помогая ему быстрее приобретать какие-то навыки, вместо того чтобы сделать работу самому.

Действительно, оказалось, что учитель в муравьином тандеме почти в четыре раза медленнее доходит до источника еды, когда у него есть последователь. Тот же, следя своими антеннами за движением ведущего и постоянно останавливаясь, чтобы запомнить дорогу назад, находит пищу гораздо быстрее, чем если бы он делал это самостоятельно.

Авторы работы сделали вывод, что в этом случае речь идет действительно об обучении, для которого маленький мозг вовсе не помеха.

**К**оролевское астрономическое общество и Институт физики в Лондоне собрали ученых из разных стран, чтобы обсудить подробности космической экспедиции LISA, поражающей своими масштабами. Этот научный проект будет одним из самых затратных, предпринятых человечеством. Три космических аппарата, удаленные друг от друга на 5 млн. км, будут ловить гравитационные волны, предсказанные теорией Эйнштейна, но до сих пор не найденные.

В теории гравитационные волны излучаются, когда очень массивные объекты, например черные дыры, обрываются один вокруг другого или на большой скорости сталкиваются с нейтронными звездами. Эти невидимые волны сжимают и растягивают пространство-время, пока продвигаются к нам из далеких частей Вселенной. Они не поглощаются при движении от источника, поэтому ученые могут исследовать дальние объекты и события, которые произошли вскоре после рождения Вселенной.

Технику, необходимую для обнаружения гравитационных волн в космосе, много лет разрабатывают ученые в Европе и в Америке. Гигантский космический инструмент будет вращаться вокруг Солнца, отставая на двадцать градусов от Земли. Он состоит из трех аппаратов, расположенных в вершинах треугольника со сторонами в пять миллионов километров, и образует плоскость, повернутую на 60° по отношению к земной орбите. Исследователи будут измерять расстояние между аппаратами с помощью лазерных пучков. По их отражению от пробных масс можно определить, искажена ли структура пространства-времени. Точность измерений должна быть очень высокой — вплоть до десяти пикометров, одной миллионной от диаметра человеческого волоса! Первая проверка оборудования планируется в 2009 году.



**Н**аш вес и аппетит регулируются многими факторами, в том числе и гормоном лептином. Его вырабатывают жировые клетки, чтобы сообщить мозгу о размере продовольственных запасов организма. Слава пришла к нему в середине 90-х годов прошлого века. Тогда исследователи обнаружили, что инъекции лептина нормализуют вес у грызунов, страдающих ожирением и потрясающим обжорством. Появилась надежда, что найдено волшебное средство, которое решит проблему избыточного веса у людей.

Вскоре стало ясно, что дело не только в лептине. Иногда при избыточном весе его бывает много, но организм этого не замечает и продолжает накапливать жир. Тогда же ученые столкнулись с еще одной функцией этого гормона — он был замечен в областях мозга, ответственных за эмоции.

Сотрудники Центра изучения здоровья Техасского университета в Сан-Антонио решили пристальнее изучить взаимосвязь лептина и эмоционального состояния крыс, переживших сильный стресс. Когда животных изолировали от сородичей, их поведение резко менялось. Они утрачивали всякий интерес к сладкому питью, что нередко соотносят с депрессией у человека. Одновременно с апатией снижался уровень лептина. Его инъекции помогали поднять настроение загрузившим грызунам.

Можно ли говорить о сходном воздействии гормона на подверженных депрессии людей, покажет время. Тем не менее известно, что такие пациенты в большинстве случаев теряют интерес к пище и только иногда начинают усиленно есть. Возможно, низкий уровень лептина влияет на состояние и души, и желудка. Кроме того, этот гормон участвует в работе репродуктивной и иммунной систем.



**М**икроорганизмы, обитающие в почве, конкурируют между собой за пищу и подавляют рост своих врагов с помощью антибиотиков. С другой стороны, им приходится вырабатывать устойчивость к этому оружию и сохранять ее в генах.

Д. Райт и его коллеги из Университета Макмастера в Онтарио (Канада) доказали, что не только живущие рядом с человеком, но и дикие микробы часто бывают нечувствительными к антибиотикам. Ученые собрали образцы почвы в городах и лесах по всей Канаде, а затем вырастили в лаборатории обитавшие в них бактерии. Они выделили 480 штаммов стрептомицетов, устойчивых к восьми натуральным и синтетическим антибиотикам. Два штамма смогли противостоять пятнадцати антибиотикам.

Кроме того, ученые открыли новые способы нейтрализации антибиотиков микроорганизмами. Например, к препарату телитромицин бактерии присоединяли молекулу сахара, что делало его безвредным. Способность нейтрализовать антибиотики помогает почвенным микроорганизмам выжить в химической войне, которую ведут против них грибы, бактерии, растения.

Работа канадских ученых заставляет задуматься — как часто гены устойчивости к антибиотикам переносятся от почвенных бактерий к инфекционным, в том числе золотистому стафилококку — виновнику большинства инфекций, неуязвимому почти для всех фармакологических средств. По-видимому, сопротивляемость препарату ванкомицину выработалась у микроорганизмов не без помощи их подземных собратьев.

Авторы работы считают, что новые лекарства надо тестировать и на почвенных бактериях: выявлять стойкие экземпляры и смотреть, благодаря чему они выживают. Затем создавать препараты, которые будут преодолевать эту защиту.

**С**отрудники расположенного в Бангалоре (Индия) Национального центра биологических наук уверены, что животные с хорошим обонянием способны определять направление на источник запаха. Этот локатор работает так же, как слуховой: мозг измеряет временные задержки и интенсивность ощущений от каждой ноздри, сравнивает и принимает решение — откуда доносится пахучий сигнал.

Чтобы проверить это предположение, исследователи научили томимых жаждой грызунов пить из ванночки, расположенной с той стороны, откуда исходит запах. Пятидесяти миллисекунд крысам оказалось достаточно, чтобы определить расположение источника аромата, в восьми случаях из десяти они правильно шли на водопой. При этом сам запах не имел никакого значения: в эксперименте это были и банан, и эвкалипт, и розовая вода. Когда одну ноздрю животным закрыли, они утратили свою чудесную способность. Следовательно, ноздри, размер которых не превышает трех миллиметров, передают в мозг разные сигналы.

Скорее всего, аналогичной способностью обладают все представители животного мира, полагают авторы эксперимента. Нечто подобное есть и у человека, хотя обоняние у нас прескверное, поскольку мы полагаемся главным образом на зрительную информацию.

Индийские специалисты планируют продолжить работу и выяснить, например, как быстро идет обработка обонятельных сигналов. Интересно также представить себе работу этого механизма на уровне нейронов.

**У** мужчин во время беременности жены часто возникают те же симптомы, что и у их подруг: растёт вес, их тошнит, появляются боли в пояснице. Это явление иногда называют «сочувствующая беременность». Специалист по приматам Т. Циглер из университета Висконсин-Мэдисон и ее коллеги показали, что оно наблюдается у двух видов обезьян.

Исследователи взвесили самцов обыкновенной игрунки и тамарина, когда их партнерши были беременны. Эти животные моногамны и принимают участие в заботе о ребенке наравне с самками. Оказалось, что за время беременности партнерши самцы набрали 20% от своего нормального веса. Циглер считает, что добровольный откорм помогает представителям сильного пола пережить изнурительные первые недели после рождения детеныша и гарантирует их потомству выживание. Мужчина, набирающий вес в подобной ситуации, тоже естественным образом готовится к поре утомительных дней и бессонных ночей.

Результаты других исследований свидетельствуют, что у «ожидających» отцов колеблется уровень гормонов — пролактина, тестостерона и кортизола, гормона стресса. Возможно, повышение веса можно объяснить и гормональными изменениями, но серьезных работ в этом направлении проведено слишком мало.

Конечно, мужчины могут полнеть просто потому, что копируют поведение своих беременных жен, которые много едят и много отдыхают. В западном обществе, надо сказать, столько представитель сильного пола страдает ожирением, что трактовать прибавку в весе как благоприятный факт не приходится.

Впрочем, уровень гормонов у мужчин может изменяться во время беременности супруги еще и потому, что рождение ребенка — стресс, в том числе и для сильной половины человечества.





# Черный ящик генетического кода — 2

**А.М.Дейчман,  
Е.В.Котина**

*Статья А.М.Дейчмана под названием «Черный ящик генетического кода» уже выходила в «Химии и жизни» (1994, № 11). В статье обсуждалась возможная природа возникновения генетического кода. Со времени публикации прошло более 10 лет, но «черный ящик» по-прежнему не раскрыт.*

Всем известна центральная догма молекулярной биологии: информация в живой клетке передается от ДНК к РНК, а от РНК — к белку. У специалиста по теории информации естественно возникает вопрос: всегда ли эта передача является односторонней?

Вокруг этого вопроса страсти кипели десятилетиями, в том числе и на страницах «Химии и жизни». Обратная транскрипция (синтез ДНК на матрице РНК) была найдена в природе и заняла свое законное место в картине мира. А вот может ли белок становиться матрицей? Практическая польза от подобного процесса неочевидна. Как нечто подобное могло возникнуть в ходе эволюции — неясно. В природе ничего такого вроде бы не наблюдалось.

Неудивительно, что передача информации от белка к нуклеиновым кислотам постепенно стала темой скомпроментированной, почти неприличной. Почему же все-таки некоторые специалисты не устают заниматься этой «ерундой»?

Идея «белок → ДНК или РНК» сама по себе нетривиальна. ДНК и РНК — полимеры сравнительно с белком «неинтересные». Четыре мономера в линейной цепочке. Только и радости, что способны к комплементарному взаимодействию по типу А-Т (У) и Г-С, при котором образуются двунитевые структуры. (Цепочка у РНК, правда, более гибкая, так что при наличии комплементарных участков одна молекула может взаимодействовать не только с другой, но и сама с собой, образуя петли. Эту ее способность природа использовала весьма умело — создавая, в частности, те самые тРНК, о которых пойдет речь дальше.) По большому счету ДНК и РНК представляют собой тексты, удобные для копирования. Типичные молекулы с чисто формационной активностью.

С белками все иначе. Их свойства — это свойства всей живой материи во

всем ее многообразии, от панциря черепахи до ферментов, синтезирующих ароматические вещества цветов. Если ДНК — это печатные тексты различной длины, а РНК — выписки из них, то белки — все, что описано в книгах, журналах или газетах.

На этом месте аналогия начинает хромать: понятно, что предметы реального мира первичны, а их описание (пускай даже переосмысленные и художественно трансформированные) — вторичны. Поэтому обычно аналогию сужают: нуклеиновые кислоты — это техническая литература, белки — вещи, приборы, механизмы или детали механизмов, словом, все, что сделано руками. Тогда все правильно: проект и чертежи первичны, изделие вторично. Как правило, но не всегда.

Представьте себе, что у вас есть некий прибор, и вам нужно с нуля написать к нему техническую документацию. (Не будем уточнять, в каких ситуациях может возникнуть такая задача и как это называется с точки зрения авторского права.) Тем, кто пробовал, известно: сделать это можно. Другое дело, что получившиеся документы не будут слово в слово повторять исходные. И все-таки с помощью этой документации можно будет изготавливать новые работающие устройства.

Но бывают ли в природе ситуации, когда клетке приходится разбираться с чужим белком, не закодированным в ее собственном геноме, причем разбираться детально? Первое, что приходит на ум, — специфический иммунный ответ. В организм попадает антиген, и против него синтезируется антитело.

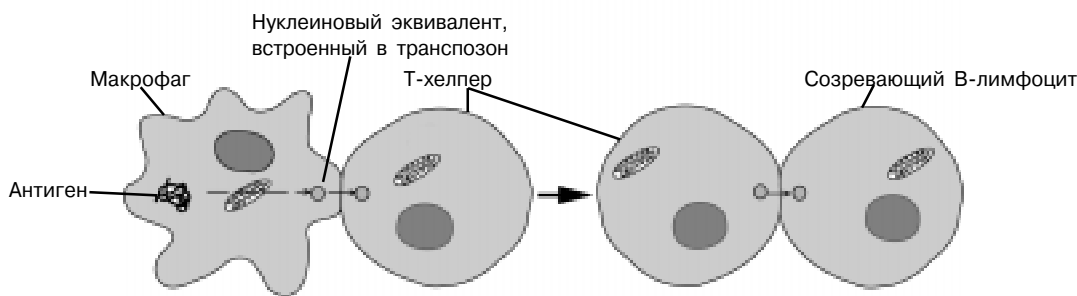
## **Макрофаги и антитела**

Каким образом создается громадное разнообразие антител, отвечающее громадному разнообразию антигенов, способных попасть в организм? Ме-

ханизмы, обеспечивающие высокую варибельность генов иммуноглобулинов (белков, образующих антитела), хорошо известны (см. о них, например, в статье Е.П.Харченко в февральском номере «Химии и жизни»). Достигается эта варибельность, во-первых, за счет рекомбинации генных фрагментов, во-вторых, за счет появления некодируемых нуклеотидов в результате точечных мутаций. То и другое происходит во время созревания В-лимфоцитов (в костном мозге и лимфатических органах), которые дают начало клонам плазматических клеток, продуцирующих антитела. Пока эти механизмы не были известны, исследователи терялись в догадках: гены всех антител ко всем возможным антигенам явно не помещались в геном млекопитающего, обширный, но все-таки не бесконечно большой.

И все же многие иммунологи по сей день придерживаются мнения, что известные на сегодня механизмы не могут обеспечить ни нужного уровня варибельности (около  $10^{16}$  для антител и рецепторов В-клеток и  $10^{18}$  — для рецепторов Т-клеток), ни надежного ограничения в выборе среди множества вариантов, на несколько порядков превосходящих общее число лимфоцитов в организме. (См. об этом в классических учебниках: Ярилин А.А., «Основы иммунологии», М., «Медицина», 1999; Хаитов Р.М., Игнатъева Г.А., Сидорович И.Г., «Иммунология», М.: «Медицина», 2000, и др.) В частности, много загадок связано с тем, откуда берутся в генах иммуноглобулинов незакодированные мононуклеотиды.

Сам Ф.М.Бернетт, один из авторов клонально-селекционной теории антител, предполагал, что в механизме специфического иммунного ответа важной деталью должен быть сам антиген. В начале 60-х Бернетт даже допускал возможность обратной трансляции фрагментов антигена и межклеточной передачи его генокопии (см. его книгу «Целостность организма и иммунитет», м., «Мир», 1964) и находил маловероятным, что предсуществует абсолютно вся необходимая для иммунного ответа информация.



1

*Может быть, предшественник созревающего в костном мозге В-лимфоцита, которому предстоит синтезировать антитела, получает самую что ни на есть прямую инструкцию относительно структуры антигена? Передача нуклеинового эквивалента — разумеется, только гипотеза. Но тесные взаимодействия между клетками иммунной системы, показанные на рисунке, действительно имеют место*

Попробуем ради интереса представить поподробнее, как это могло происходить. Очевидно, действие начнется в макрофаге (или дендритной клетке) — клетке, которая первой знакомится с чужеродным белком (если поедание и переваривание можно назвать «знакомством»). Макрофаг расщепляет белок на небольшие фрагменты, вычлняя эпитопы — характерные участки, которые, собственно, и будут узнаваться антителами во время иммунного ответа. Допустим, с этих фрагментов белка снимаются копии из ДНК или, скорее, РНК — назовем их нуклеиновыми эквивалентами. Логично предположить, что для «уточнения» кодирующей последовательности гена антитела (или рецепторов В- и Т-клеток) нуклеиновый эквивалент должен в конце концов попадать в В-лимфоцит либо в Т-клетку.

И вот что удивительно: для развития полноценного иммунного ответа в самом деле необходим тесный физический контакт между клетками иммунной системы: во-первых, между макрофагом и Т-хелпером (клеткой-помощником, которая способствует созреванию В- и Т-лимфоцитов), а во-вторых, между Т-хелпером и низкодифференцированным предшественником лимфоцитов обоих видов в костном мозге и, возможно, в тимусе. Что, если «обучение» состоит именно в передаче коротенького фрагмента ДНК — «расшифрованного», переведенного на язык нуклеотидов эпитопа (рис. 1)?

В этом предположении есть логика. Одно дело — предъявлять и передавать уникальный фрагмент белка и совсем другое — информацию об этом фрагменте. Естественно, нуклеиновый эквивалент должен бы «путешествовать» из клетки в клетку не в виде обрывка без конца и начала, а встроенным в мобильный генетический элемент — специальную молекулу ДНК или РНК (в общем случае это транспозон или ретротранспозон), обычно ковалентно или нековалентно замкнутую в кольцо и специально приспособленную для транспортировки генетической

информации. (Подобные молекулы хорошо известны, их роль в эволюции геномов не подвергается сомнению, а порой даже преувеличивается.) Главное его свойство — способность к копированию, причем некоторые такие последовательности способны средствами клеточных ферментов «переводиться» с языка на язык, превращаясь из ДНК- в РНК-форму и наоборот. Некоторые из них способны также встраиваться в другие молекулы ДНК.

Однако вряд ли перенесенный вектором нуклеиновый эквивалент внутри В-лимфоцита встраивается непосредственно в готовый ген иммуноглобулина или рецептора. Сомнительно, чтобы интенсивное изучение молекулярных механизмов специфического иммунитета не выявило такого потрясающего факта: эти гены давно прочитаны до буквы.

Хорошо известно другое уже упомянувшееся здесь явление: некодируемые изменения в генах иммуноглобулинов — вставки, делеции или модификации отдельных нуклеотидов. Они появляются в результате работы обычных ферментов репарации, а также терминальной дезоксирибонуклеотидилтрансферазы и активационно индуцируемой цитидиндезаминазы, способной редактировать РНК и модифицировать гены иммуноглобулинов. Эти изменения, хотя и точечные, однако очень важные для соответствия антител и рецепторов бесчисленному разнообразию эпитопов антигенов, могут быть и не случайными, если они прямо или косвенно направляются нуклеиновыми эквивалентами.

Осталось придумать самую малость: где и как клетка в нашей модели переводит фрагмент белка на язык нуклеиновых кислот?

## Митохондрии и хлоропласты

Трансляция — синтез белка на матрице РНК — осуществляется с помощью молекул-адапторов: транспортных РНК. В развернутом на плоскости виде

## ГИПОТЕЗЫ

тРНК напоминает клеверный лист, но ее трехмерная структура похожа на букву L, к одному концу которой крепится аминокислотный остаток, а на другом находится петля с антикодонам — свободным участком, комплементарным тому триплету (кодону) в матричной РНК, который соответствует данной аминокислоте.

Можно предположить, что и механизм, который мы условно называем обратной трансляцией — синтез небольшого отрезка молекулы нуклеиновой кислоты (нуклеинового эквивалента) на фрагменте белка (эпитопе) — не обходится без тРНК. Кроме того, нам понадобится достаточно сложное молекулярное устройство — комплекс ферментов, осуществляющих все необходимые реакции. (Назовем это устройство «ретрансломома», по аналогии с рибосомой, сплайсосомой или эдитосомой.) Хотелось бы также прикрепить весь этот комплекс к какой-нибудь мембране, как те же рибосомы с мРНК, прикрепляющиеся к мембранам эндоплазматической сети.

Именно эти три возможности предоставляет органелла, которая есть в каждой эукариотической клетке, — митохондрия. Эта органелла — не просто двухслойный мембранный пузырек, а, можно сказать, почти живое существо. Всеобщее признание сегодня получила теория американской исследовательницы Линн Маргулис, согласно которой современные митохондрии — потомки древних микроорганизмов, вступившие с клеткой в симбиотические отношения: клетка предоставила им кров и защиту, а митохондрии обеспечивали запас энергии, синтезируя АТФ. Для нас важно, в частности, то, что симбионты все еще сохранили от древних, доэукариотических времен кое-какую автономию.

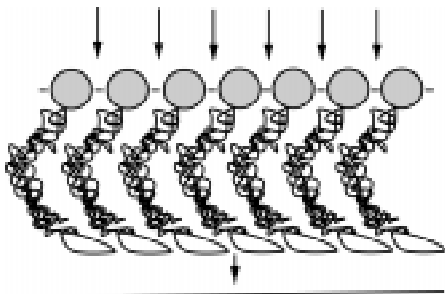
У митохондрии есть собственный геном, она способна размножаться делением. Интересно, что митохондриальный генетический код несколько отличается от универсального ядерного, общего для всех современных живых существ. Есть в митохондриях и собственный набор тРНК — и, кстати, почему-то часть их бывает очень прочно связанной с внутренней мембраной.

В мембране есть поры, через которые могут транспортироваться белки и нуклеиновые кислоты. Однако внутреннее содержимое митохондрии весьма специфично и заметно отличается от клеточной «окружающей среды». Разумеется, есть там и все ферменты и структуры, необходимые для копирования ДНК, синтеза и редактирования РНК, а также синтеза белков. Почему бы не быть и ретрансломе?

Итак, вообразим, что фрагмент белка (эпитоп в 5–10 аминокислот), назначенный к расшивке, прикреплен к митохондриальной мембране и обнаружен ретрансломой. К тРНК присоединяются только свободные аминокислоты, следовательно, их надо будет отщеплять по одной. (Тогда с одного эпитопа можно снять только одну нуклеиновую копию. Но это не страшно: с копированием ДНК и РНК у клетки нет проблем.) Сближенные антикодоны тРНК могут образовать мини-матрицу, на которой синтезируется нуклеиновый эквивалент (рис. 2).

Скорее всего, он не будет точной копией (или ее комплементарным слепком) соответствующего участка гена белкового эпитопа. Во-первых, из-за вырожденности генетического кода (одной аминокислоте, как известно, соответствует несколько кодонов), во-вторых, из-за присутствия нестандартных нуклеотидов внутри антикодонов митохондриальных тРНК (например, псевдоуридина), в-третьих, из-за неизбежных ошибок. И все-таки это будет информация, которой может найтись применение.

Прежде чем перейти к этому вопросу, отметим еще одну возможность. В



2

*Вот как могла бы происходить переменная позитивная обратная трансляция — синтез нуклеинового эквивалента — с участием небольшого фрагмента белка (эпитопа) в качестве матрицы. Этот фрагмент (вероятно, иммобилизованный на мембране или в ферментном комплексе ретрансломы) расщепляется на отдельные аминокислоты, к которым присоединяются тРНК. Они ориентированы так, что нуклеотиды антикодоновых участков выстраиваются в линию, образуя мини-матрицу. (Возможно, антикодоны выщепляются и ковалентно связываются между собой.)*

растительных клетках, кроме митохондрий, есть и другие органеллы — хлоропласты. Как и митохондрии, они имеют собственный геном, свои транспортные и рибосомные РНК. Однако если число тРНК в митохондриях минимизировано и часть их у некоторых видов, например у трипаносом, вообще «импортируется» из цитоплазмы, то хлоропласты располагают полным набором собственных тРНК. Кроме того, большинство генов, кодируемых митохондриальным геномом, имеют своих двойников в ядре, а почти треть специфических белков хлоропластов в ядерном геноме не закодированы. Принято считать, что в процессе эволюции нуклеиновая информация движется от хлоропластной к ядерной и митохондриальной ДНК — это показало сравнение гомологичных генов всех трех органелл высших растений. Подобные работы делали в разных странах мира (в частности, у нас этим вопросом владеют доктора биологических наук Н.П.Юрина и М.Г.Одинцова из Института биохимии им. А.Н.Баха). Очевидно, такое перемещение происходит с помощью неких мобильных генетических элементов. Наконец, только хлоропласты отвечают за фотосинтез.

Здесь есть простор для спекуляций об участии в информационных процессах фотонного излучения, воспринимаемого хлоропластами, о той особой роли, которую они могли сыграть, например, в эволюции генетического кода, приведшей к появлению его современного варианта, универсального для всех живых организмов. Эта эволюция, как и сама универсальность кода, — отдельная и очень интересная тема. Но сейчас вернемся к нуклеиновым эквивалентам и их возможной судьбе в жизни клетки.

Специфический иммунитет, при всей его огромной значимости, — частный случай. А что происходит, если обратной трансляции подвергаются собственные белки клетки?

## О пользе разнообразия

Анализ различных видов редактирования РНК у живых организмов из самых разных таксономических групп, выполненный автором этой статьи и его коллегами (см., например, Дейчман А.М., Цой В.Ч., Барышников А.Ю. «Редактирование РНК. Гипотетические механизмы», М.: «Практическая медицина», 2005, www.medprint.ru), показал, что редактирование часто (возможно, всегда) бывает матрично-зависимым. Для редактирования необходима другая молекула РНК (как при уридиновых вставках или делециях в РНК гигантской митохондрии трипаносомы), или комплементарная часть

двунитевой РНК (например, у животных и человека при дезаминировании аденозина в инозин формируется интрон-экзонная шпилька). У трипаносом роль подобных матриц для редактирования выполняют так называемые гидовые РНК — молекулы загадочные, в частности, своей почти фантастической способностью к самовозобновлению востребованных видов их. Кстати, минимальный редактируемый участок у разных видов часто составляет отрезок РНК в 15–30 нуклеотидов — что сравнимо по величине с нуклеиновым эквивалентом. Такую же длину имеют срединные, т.е. информационные, участки гидовых РНК. Если в редактировании различных РНК принимают участие нуклеиновые эквиваленты, полученные в результате вариабельной обратной трансляции, то что это дает?

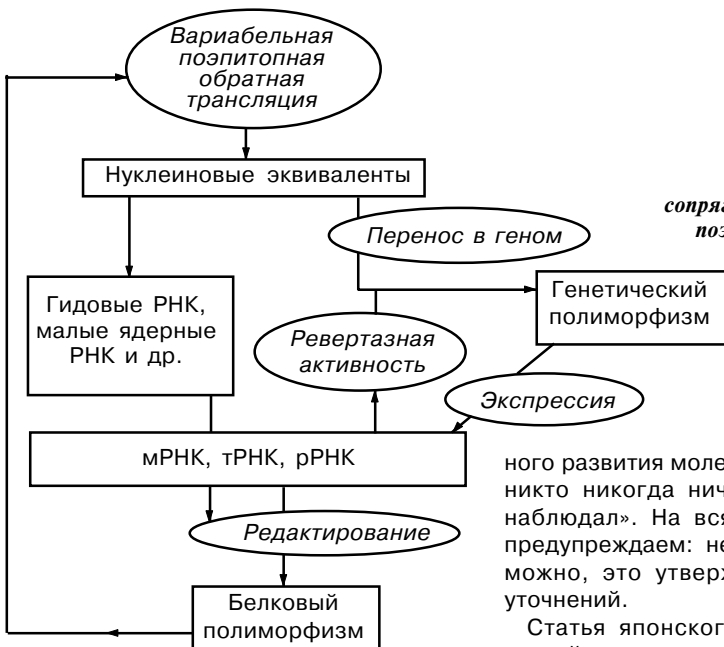
Известно, что редактированию подлежат все виды РНК: мРНК, тРНК, рРНК, менее известные малые ядерные и ядрышковые РНК (еще одна особая и загадочная категория молекул, которые способны играть роль направляющих, гидовых РНК, например, при ДНК-метилировании, обеспечивающем регуляцию и переключение генной активности), причем изменения в каждой из компонент могут вести и к модификации белка. Измененные белки, как и РНК, редактируемые и нередатируемые, конкурируют со стандартными, считанными с неизмененных матриц.

Но даже если отредактированный белок (или его мРНК) имеет явные преимущества, «исправленный» вариант не спешит проникнуть в геном, и клетка продолжает вносить исправления в мРНК, невзирая на все затраты и сложности. (Все равно что исправлять вручную новые и новые тиражи одной и той же книги, вместо того чтобы перенабрать заново нужное место.) Геном — структура консервативная. Однако рано или поздно при благоприятных условиях эволюция делает очередной шаг: исправленная версия, вероятно благодаря обратной транскрипции, проникает в геном, и тогда надобность в редактировании отпадает.

Таким путем в геном может попасть информация, полученная при вариабельной (не однозначной!) обратной трансляции эпитопов (не целых белков!). Учитывая широчайшую распространенность РНК-редактирования, возможно, этот путь не менее важен, чем прямой перенос нуклеинового эквивалента в геном.

Естественно, это ни в коем случае не означает посягательства на центральную догму молекулярной биологии. «Наследованием приобретенных





3  
 Вот как могла бы сопрягаться переменная поэпитопная обратная трансляция с другими клеточными механизмами переноса информации



ГИПОТЕЗЫ

признаков» такой перенос информации вряд ли можно назвать — по тем же причинам, по каким мы не называем так сохраненную отбором мутацию любой другой природы. Варибельная обратная трансляция индивидуального эпитопа (с последующей передачей нуклеинового эквивалента в составе вектора в ДНК-содержащие клеточные органеллы) скорее могла бы играть роль некоего «генератора разумной изменчивости».

Изменчивость в природе не менее важна, чем наследственность. Генетическое разнообразие между отдельными особями двигает вперед эволюцию, а наличие разных вариантов генов и их продуктов у одной особи позволяет использовать метод проб и ошибок, не обязательно расплачиваясь за ошибку жизнью. В этом — одна из выгод диплоидного генома, характерного для высших организмов, у которых каждый ген представлен двумя копиями. В этом смысл амплификации, когда, к примеру, один и тот же ген повторен в геноме несколько раз (и между этими копиями постепенно начинают накапливаться различия). В этом смысл редактирования РНК. Здесь могла бы найти свое место и варибельная поэпитопная обратная трансляция, предложенная автором этой статьи (рис. 3).

## Никогда не говори «никогда»

Автор и редакция догадываются, что гипотеза, в которой одно из центральных мест занимает столь раздражающий предмет, как обратная трансляция (хотя бы и варибельная, и поэпитопная), вызовет множество критических отзывов. Мы подозреваем также, что половина этих отзывов будет содержать утверждения вроде: «Все это пустые фантазии, за полвека успеш-

ного развития молекулярной биологии никто никогда ничего подобного не наблюдал». На всякий случай сразу предупреждаем: не торопитесь, возможно, это утверждение потребует уточнений.

Статья японского специалиста по генной инженерии Масаюки Нашимото, опубликованная в «Journal of theoretical biology» (2001, т.209, с.181–187), называется «Гипотеза РНК-белковой симметрии: экспериментальное подтверждение обратной трансляции примитивных белков». М.Нашимото предполагает, что на заре возникновения жизни, в хаосе метаболизма до или при появлении первичной клетки, белок и РНК могли быть равноправными носителями информации. Как косвенные доказательства он приводит любопытные факты, например структурное сходство между тРНК и фактором элонгации G (этот белок участвует в синтезе белковой цепочки при трансляции) у современных организмов. Может быть, этот молекулярный курьез остался нам на память о тех временах, когда самореплицирующимися были не только нуклеиновые кислоты, но и белки, а примитивная машина трансляции могла работать в обе стороны?

М.Нашимото отмечает в своей статье, что никто доподлинно не знает, как на Земле возникла генетическая информация (то есть нуклеотидные последовательности, кодирующие белки с определенными свойствами). По самым разным оценкам, естественный отбор среди молекул, способный привести к появлению подобной системы, отнял бы слишком много времени — возможно, больше, чем существуют подходящие условия на Земле. Но если на первых порах «генетическая информация» о белке могла быть заключена в самом белке, все сразу становится проще.

Модель обратной трансляции по М.Нашимото на первый взгляд кажется не лучше и не хуже других аналогичных моделей, отечественных и зарубежных. На матрице примитивного белка, от С-конца к N-концу, синтезируется фрагмент РНК — от 3' к 5'-кон-

цу РНК (трансляция действительно обратная — все наоборот по сравнению с современной ситуацией.) М.Нашимото предположил существование особых молекул-адапторов, которые назвал «отРНК» — РНК обратной трансляции (rtRNA, от reverse translation) — своего рода анти-тРНК. Они, во-первых, распознавали концевые аминокислоты в составе примитивного белка и отрывали их по одной. Таким образом, белковая матрица была «однообразовой» и уничтожалась при синтезе нуклеинового эквивалента, как и в гипотезе, предложенной в предыдущих главах. Во-вторых, отРНК присоединяли соответствующий триплет к растущей молекуле мРНК, ковалентно прикрепленной к белку. Кстати, автор упоминает о существовании подобных РНК-белковых «химер» у современных полиовирусов.

А дальше японский ученый перешел от слов к эксперименту: синтезировал отРНК и коротенькую молекулу — предшественник мРНК. Все, что происходило затем, было подтверждено строгими методами молекулярной биологии. Если вкратце — искусственная отРНК нековалентно взаимодействовала с аргинином и передавала аргининовый кодон AGG со своего 3'-конца на 5'-конец пре-мРНК, которая, соответственно, подрастала на три нуклеотида. Нравится это или нет идейным противникам М.Нашимото, но реакция пошла именно так, как была нарисована на бумаге.

Что сказать в заключение? Ни один разумный человек, предлагая гипотезу (тем более фрагмент или сильно упрощенный вариант ее), не будет выдавать ее за истину в последней инстанции. Но утверждать, что отношения между белками и нуклеиновыми кислотами нам до конца ясны, пожалуй, рано.

*Александр Маркусович Дейчман (deichman@mtu-net.ru, amdeich@rambler.ru) — сотрудник ГУ «Онкологический научный центр РАМН», НИИ экспериментальной диагностики и терапии опухолей. Область научных интересов — физико-химические основы биологии развития.*



# Парадигма модульного мышления

Кандидат технических наук  
**Л.В.Шуткин**



Художник Н.Кравцин

*Наши гипотезы — это атомы  
мыслей, сцепленные  
друг с другом.*

*Анри Пуанкаре*

## От таблиц — к модулям

Давно известно, что научные парадигмы оказывают глубокое влияние на мышление людей. Об этом свидетельствуют парадигмы Птолемея и Коперника. Парадигма Птолемея с Землей в центре и вращающимися вокруг нее Солнцем, планетами и небесным сводом породила в умах людей поня-

тие о человеке как о божественном существе, помещенном в центр Вселенной. В парадигме Коперника Земля вращается вокруг Солнца, и это привело к коренному изменению представления людей об устройстве Вселенной и о месте в ней человека.

Если обратиться от астрономии к математике, то в этой абстрактной науке также есть наиболее часто используемые парадигмы, доступные пониманию широкого круга людей. К ним принадлежат методы таблиц и графов, которые опираются соответственно на матрицы и теорию графов.

Люди столь часто пользуются рисунками графов и таблиц, что можно говорить о парадигмах табличного и графового мышления. Общедоступность таблиц и графов объясняется тем, что их можно рисовать на бумаге и экранах компьютеров. Графы изображают в виде точек, связанных стрелками или линиями, а таблицы — как упорядоченные прямоугольные ячейки, заполняемые данными. Обычно люди делают такие рисунки, даже не подозревая о существовании у них математических основ в виде соответствующих теорий.





## РАЗМЫШЛЕНИЯ

Парадигмы табличного и графового мышления имеют давнюю историю. Таблицы с данными о запасах зерна в древнеегипетских номах писцы чертили на папирусах задолго до начала нашей эры. В современном компьютерном мире двумерные и многомерные табличные представления информации хранятся в памяти миллионов компьютеров как базы данных. Их математическая основа — теория реляционных баз данных. Кажется, что такой прорыв человеческой мысли, как квантовая механика, не имеет ничего общего с представлениями древних

египтян. Однако основу квантового счисления составляют всевозможные вектора и тензоры — по сути, многомерные матрицы или наборы таблиц. Значит, и самый современный метод познания базируется на парадигме многотысячелетней давности.

Графы появились намного позже, чем таблицы, а именно в 1736 году, когда были опубликованы знаменитые рассуждения Леонарда Эйлера о мостах Кенигсберга. В наше время они развились в необозримую теорию графов. Графовая парадигма мышления опирается на простые, нарисо-

ванные на бумаге схемы графов. Ныне трудно назвать область знаний, где не использовались бы графы и графовое мышление.

Однако появление мощных вычислительных машин и систем связи сильно изменило ситуацию. Сегодня существуют глобальные и локально распределенные компьютерные системы, такие, как Интернет, Всемирная паутина (WWW), электронные правительства стран и регионов. Они состоят из многих взаимодействующих друг с другом физических и логических блоков — модулей.



Графы и таблицы малопригодны для описания модулей и составленных из них модульных систем. Дело в том, что графы, а тем более таблицы плохо представляют внешние границы модулей, а также внутренние и внешние границы модульных систем. В этой связи можно вспомнить неудачную попытку Фрэнка Розенבלата применить таблицы (матрицы) к моделированию процессов распознавания мозгом зрительных образов. Причина неудачи заключалась в том, что мозг — это система с огромным числом синоптических соединений между типичными модулями — нейронами, а систему модулей представить в виде таблицы нельзя. Такие сложные системы требуют создать нечто новое, мало похожее на графы и таблицы. Этим новым оказывается теория модулей, ее сети и основанная на них «парадигма модульного мышления».

Лежащая в основе парадигмы теории модулей позволяет представлять модули и модульные системы как в виде математических формул, так и нарисованных на бумаге несложных схем, где наглядно изображены их внутренние и внешние границы. Как и другие доктрины, эта новая парадигма имеет три составляющие — математическую, практическую и философскую. В настоящее время основное внимание уделяется разработке математических и практических аспектов парадигмы модульного мышления. Однако предварительный анализ философских аспектов теории модулей показал, что парадигма модульного мышления тесно взаимосвязана с системой логики, построенной Стюардом Миллем. Вместе с тем она позволила навести математические и логические мосты, связывающие концепцию «идеального языка», предложенную Людвигом Витгенштейном в его «Логико-философском трактате», с теорией «открытого общества», построенной Карлом Поппером.

## **Паттерны — предшественники модулей**

История теории модулей, модульных сетей и парадигмы модульного мышления началась с появления теории паттернов. В 1965 году выдающийся американский математик Ульф Гренандер на конференции в греческом городе Лутраки оповестил мировую научную общественность о своем намерении создать новую многообещающую теорию, которую он назвал теорией паттернов. Английское слово «pattern» означает трафарет, образец, шаблон, образ — но не расплывчатый,

а имеющий жесткую структуру. Поэтому можно сказать, что Гренандер решил построить теорию логических шаблонов для моделирования образов, имеющих внутренние структуры и четкие внешние границы.

Около десяти лет Гренандер работал над основами теории и в 1976–1981 годах опубликовал три тома «Лекций по теории паттернов», которые были переведены на русский язык под редакцией академика Ю.И.Журавлева и изданы в нашей стране. В «Лекциях» теория осталась незавершенной. Поэтому в 1993 году Гренандер опубликовал монографию «Общая теория паттернов», в которой изложил математические основы этой теории.

Сущность теории паттернов заключается в следующем. Ее основными элементами служат объекты под названием «образующие» (от англ. generators). Они формально описываются символьными математическими соотношениями и изображаются на бумаге наглядными схемами. Образующие служат математическими и наглядными моделями физических и логических объектов реального мира. У образующей есть неотделимые от нее связи (англ. bonds). Парно соединяя связи, из образующих конструируют конфигурации теории паттернов, которые служат моделями реальных физических и логических систем, состоящих из взаимосвязанных объектов.

Сначала «Лекции» Гренандера вызвали во всем мире большой интерес. Его можно объяснить тем, что «Лекции» представляют собой кладь новых, оригинальных математических и философских идей, причем читатели интуитивно чувствовали, что эти идеи будут полезны для различных областей знания. Но со временем интерес к теории паттернов упал, поскольку она не находила ярких инженерных применений.

Наши исследования показали, что попытки прямо применить методы теории паттернов к проектированию информационных систем, компьютерных сетей, электронных правительств и к решению иных инженерных задач, требующих модульного подхода, мало что дают. Дело в том, что теория Гренандера получилась слишком общей, абстрактной и незавершенной. Поэтому я «приземлил» ее до уровня инженерной практики, для чего ввел дискретные ограничительные условия, а образующие стали моделями реальных модулей, причем с помощью входных и выходных связей удалось охарактеризовать их внешние границы. Выходные связи одних образующих попар-

но соединялись с входными связями других образующих, создавая сетевые связки и формируя модульную сеть. При этом некоторые связи могли оставаться несоединенными, свободными; они представили внешнюю границу системы. Такие свободные связи модульной сети могли соединяться со свободными связями других сетей, объединяя их тем самым в одну более сложную систему. Так теория паттернов породила теорию модулей и модульные сети.

Выбор названий «теория модулей» и «модульные сети» отнюдь не случаен. Давно известно, что модули и модульные системы широко распространены и играют важную роль в природе и обществе. Поэтому удивительно, что ученые до сих пор не создали теорию, которая позволила бы представлять эти явления математически и в виде удобных для практики схем, изображаемых на бумаге, примерно так же, как графы. Условия для построения теории модулей были созданы теорией паттернов и наложено на нее дискретных ограничений.

## **Построение образующих**

В теории модулей образующие отображают многие объекты реального мира, обладающие модульными свойствами, например нейроны мозга, операционные усилители нейрокомпьютеров, модули компьютерных программ, веб-страницы, блоки информационных систем организаций, атомы химических молекул.

Связи образующих бывают ориентированными и неориентированными, причем первые из них делятся на входные и выходные. Они задают направления, в которых между модулями перемещаются потоки информации, денег, данных, документов, словом, все, что придает жизнь математической абстракции. Среди множества ориентированных образующих удалось изящными математическими построениями выделить шесть основных, наиболее часто используемых на практике. Причем каждый из этих видов образующих легко превратить из математической абстракции в наглядную схему. И наоборот, каждую такую схему можно описать математически.

На схеме любой образующей есть вершина, которую изображают точкой. Ее входная связь — треугольник и стрелка, направленная к вершине. Соответственно, у выходной связи стрелка направлена от вершины. Вершина на схеме образующей моделирует тело модуля, а входные и выходные связи изображают его входы и выходы.

## Принципы построения теории модулей

**Принцип атомизма:** образующие — это такие объекты, которые не делятся на составные части.

**Принцип комбинаторности:** образующие соединяются в модульные сети по строгим правилам.

**Принцип структурности:** данные содержатся в доменах, отделенных от структур образующих.

**Принцип наблюдаемости:** есть реальные наблюдатели, которые видят только свою задачу и идеальный наблюдатель, обладающий полными знаниями о теории модулей. Модулем называется объект реального мира, который его наблюдатель счел целесообразным представить в виде образующей и использовать ее в качестве модели этого объекта.



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

В основе математического описания образующей лежит параметрический вектор признаков, который моделирует все виды ориентированных образующих. Он выглядит так:  $a(g_i) = a(i, \gamma_{il}, \delta_{is}, \beta_{im}^{in}, \beta_{ir}^{out})$ , а параметрическим называется потому, что параметры  $l, s, m$  и  $r$  можно заменять числовыми значениями и за счет этого получать вектора признаков образующих различных видов.

Образующим в целом и их вершинам приписаны соответственно переменные  $\gamma$  и  $\delta$  с нижними индексами, указывающими на их принадлежность образующей с номером  $i$ . Переменные  $\gamma$  приписываются образующим в целом, а переменные  $\delta$  — телам образующих. Входным и выходным связям образующих приписаны переменные  $\beta$  с нижними и верхними индексами, указывающими направления связей и опять-таки на их принадлежность образующей с номером  $i$ .

У переменных есть области значений. Их в теории модулей называют доменами и обозначают буквами D. В теории модулей рассматриваются абстрактные и семантические образующие. Первые из них заданы на «пустой» информационной среде,



Линейная образующая

когда в доменах нет никаких данных; они отображают лишь скелеты реальных модулей без учета их содержания. Семантическая образующая получается после навешивания на абстрактную образующую данных, которые характеризуют некоторый реальный модуль.

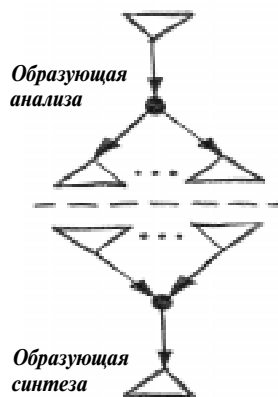
Простейшая из шести базовых образующих, линейная, получается, если в параметрическом векторе признаков положить  $m=r=1$ . Линейные образующие служат моделями реальных модулей, каждый из которых имеет один вход и один выход. В виде линейной образующей можно представить, например, компьютерную программу с входом и выходом, причем на вход поступают исходные дан-

ные, а на выходе появляются новые данные.

Если  $m=1$ , а  $r \geq 2$ , то получается образующая анализа с одной входной связью и двумя или более выходными. Она наглядно изображает движение от одного общего понятия к многим частным. Примером служит функциональный стол системы Windows: это модуль с одним входом (экран дисплея) и многими выходами, число которых равно числу пиктограмм, изображенных на экране. Представление дисплейных кадров в виде образующих позволило построить модульные сети, моделирующие компьютерные гипертексты более детально, нежели с помощью графовых сетей.

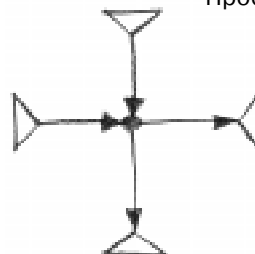
Если  $m \geq 2$  и  $r=1$ , то получается образующая синтеза, которая наглядно представляет движение от частных понятий к общим. Образующие синтеза могут служить моделями нейронов мозга, каждый из которых имеет много входов (дендритов) и один выход (аксон). Естественно, что такое представление нейронов крайне грубо и упрощенно, но оно полезно, поскольку его все же можно использовать для разгадки тайн работы мозга. Рисунок показывает, что образующие анализа зеркально превращаются в образующие синтеза с изменением направлений стрелок на обратные. Зеркальность образующих анализа и синтеза наглядно иллюстрирует соотношение между анализом и синтезом информации.

Еще три важных вида образующих: крестобразующая ( $m=1, 2; r=1, 2$ ) и две концевые образующих ( $m=0; r \geq 1$  и

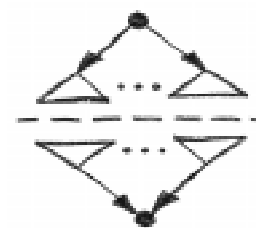


Образующая анализа

Образующая синтеза



Крестобразующая



Концевые образующие

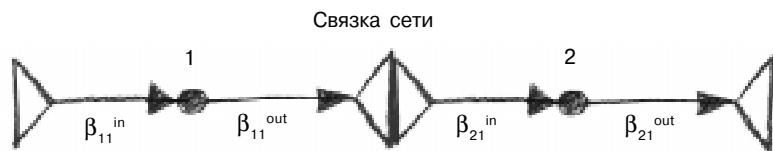
$m \geq 1; r=0$ ), которые находятся на границах закрытой модульной сети.

Помимо ориентированных образующих, теория модулей имеет дело также с неориентированными образующими, ориентированными образующими, имеющими копии связей, и с другими типами образующих, которые моделируют бесконечный мир реальных модулей.

## Плетение модульных сетей

В переносном смысле образующие — это логические узелки, которые позволяют сплести модульную сеть; при этом связи образующих попарно соединяются в сетевые связки. Такой способ соответствует широко распространенному в природе и обществе принципу попарного соединения выходов и входов модулей, из которых составляются модульные системы. Например, в нейросетях мозга этот принцип реализуется в синаптических соединениях типа «аксон-дендрит», в каждом из которых, как известно, участвует одно из многих аксонных окончаний одного нейрона и единственное дендритное начало другого. Шесть основных типов образующих в комбинации с другими типами порождают огромное множество модульных сетей, у которых возникают границы, где разворачиваются всяческие интересные события. Не секрет, что их описание служит источником головной боли для представителей самых разных наук; вспомним хотя бы афоризм Макса Планка: «поверхность придумал дьявол». Наглядно показать границы сетей и дать механизм рассмотрения этих событий — одна из задач теории модулей.

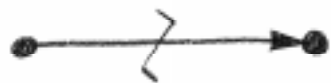
Простейшая ориентированная мо-



Сеть из двух линейных образующих

дульная сеть состоит из двух линейных образующих. При этом выходная связь первой образующей и входная связь второй соединены в связку; на схеме ее изображают двумя стрелками и ромбом, разделенным линией на два треугольника. Такая сеть может служить, например, моделью двух смежных блоков некоторой компьютерной программы. Тогда две входные связи образующих представят данные на входах программных модулей, а две выходные связи — данные на их выходах.

Каждой связи образующей нужно сопоставить ее переменную. На рисунке они обозначены как  $\beta_{11}^{in}$  и  $\beta_{21}^{in}$  для входных связей и  $\beta_{11}^{out}$ ,  $\beta_{21}^{out}$  для выходных связей. Если значения, присвоенные этим переменным, удовлетворяют условию соединения, то связка будет замкнута. В противном случае она разомкнется. Именно эта способность к замыканию-размыканию связей служит главным отличием модульной сети от графовой: ребро гра-



Ребро графа, которое нельзя разорвать

фа есть нечто раз и навсегда заданное, его нельзя разрезать. Коль скоро связки замыкаются, то к модульной сети можно присоединить новые

образующие или разделить сложную сеть на простые.

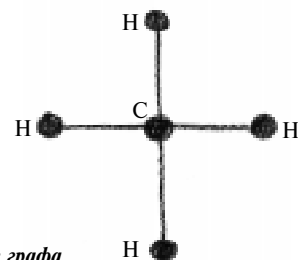
Модульную сеть можно преобразовать в графовую: для этого нужно свернуть ее связки по определенному правилу в графовые ребра и уничтожить внешние связи, если они есть. Если же внешние связи сохранить, то из модульной сети получится модульно-графовая. Более того, теория модулей обеспечивает единый математический аппарат описания модульных, графовых и табличных моделей данных. Особый интерес представляет применение модульно-графовых сетей к моделированию объектно-ориентированных и аспектно-ориентированных компьютерных программ.

### Модульная химия

Петр Кропоткин, идеолог анархизма, говорил, что теория мало чего стоит, если ее нельзя применить на практике. Теория модулей предназначена для широкого практического использования в любых областях человеческого знания. С самого начала теорию модулей применяли для целей программирования: расширение визуального языка программирования сложных систем, разработка гипертекстовых обучающих курсов, проектирование электронного правительства РФ, расчет консолидированного бюджета страны (подробности см. на сайте

www.morepc.ru, раздел «Моделирование информационных систем и процессов»). Однако читателям «Химии и жизни» было бы интересно узнать, как выглядит химия в парадигме модельного мышления. Попробуем рассказать об этом.

Начиная с середины XIX века химики изображают молекулы структурными моделями в виде неориентированных графовых сетей. В качестве примера нарисуем в таком привычном виде молекулу метана. Вершины графовой сети представляют атомы водорода и углерода, а неориентиро-



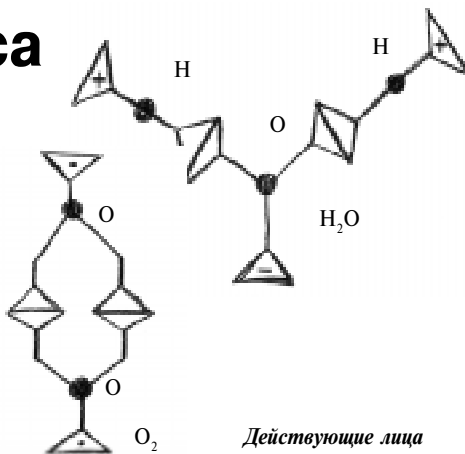
Молекула метана в виде графа

ванные ребра — попарно соединенные валентности атомов.

При рассмотрении графовой модели метана может показаться, что у химических молекул нет модульных свойств. Но это не так, поскольку любая молекула когда-то получилась путем соединения атомов, а при изменении внешних условий валентные связи могут разъединиться, и в результате получатся исходные атомы, которые потом соединятся в какие-то другие молекулы. Именно это и показывает молекула метана, изображенная в виде неориентированной модульной сети. Четыре ее связки (ромбы и разделяющие их линии) моделируют попарно соединенные ва-

## Модули Ван-дер-Ваальса

Попробуем воспользоваться теорией модулей для решения химической задачи. Хороший пример был опубликован в ноябрьском номере «Химии и жизни» за прошлый год, когда мы рассказывали о расчете американских ученых, в результате которого оказалось, что кластер золота при участии воды способен проводить окисление угарного газа. Эта задача тем интереснее, что ход подобной реакции фактически определяют силы Ван-дер-Ваальса. А именно химия с участием таких взаимодействий отнесена академиком А.Л. Бучаченко к числу главных направлений развития науки в XXI веке.



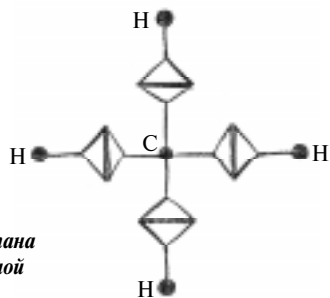
Всех участников реакции — молекулы воды, кислорода, угарного газа и кластер золота можно представить в виде модульных сетей, причем у каждой из них

есть два типа связей, а именно валентные, действующие внутри, и расположенные на границе сети силы Ван-дер-Ваальса, связанные с неравномерным распределением электронной плотности. Первые обозначены пустыми треугольниками, а вторые — треугольниками со значками «+» и «-» в зависимости от знака дополнительного заряда. У атомов молекулы кислорода никакого дополнительного заряда нет, поэтому связь оказывается пустой, что обозначено значком «.».

Связки между внешними связями разных сетей замкнутся при условии их противоположных знаков. Именно такая связка возникает между кластером и кислородом, входящим в молекулу воды.

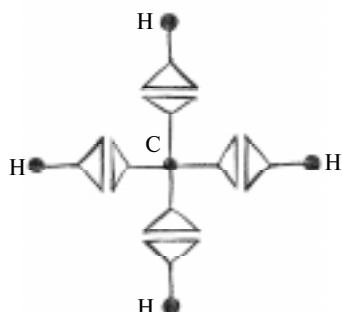
Молекула кислорода тоже может адсорбироваться на кластере, зацепившись за связь на его поверхности одним из своих атомов. И тогда на вто-





Молекула метана  
в виде модульной  
сети

лентности одновалентных атомов водорода и четырехвалентного атома углерода. Если связки разомкнуть, то получится распад молекулы метана на атомы: атомы водорода станут че-



Распад  
молекулы метана

тырьмя образующими, каждая из которых имеет одну неориентированную свободную связь (линию и треугольник), а атом углерода — образующей с четырьмя свободными связями. Из этого рисунка ясно видно, что водород никак не сможет долго существовать в виде атомов: встретившись, два атома быстро замкнут свои связи и создадут новую модульную сеть — инертную молекулу водорода. Модульные сети, изображающие молекулы, можно использовать в учебных целях, а

также связать их с более сложными моделями молекул и атомов.

Очень интересно применить модульные сети к исследованиям химии мозга, в частности к изучению роли NO в общении нейронов, которые непосредственно не связаны друг с другом. Быть может, «облака» этого газа помогают «атомам мыслей» соединяться в головном мозгу человека в содержательные гипотезы.

### Мир модулей

Теория модулей позволяет решать интересные практические задачи и уже существенно облегчила труд программистов. Впрочем, дело не только в этом. Главное, что люди, соприкоснувшись с ней, быстро овладевают навыками модульного мышления, и это помогает им решать практические задачи и придумывать новые идеи.

Физический мир и открытое сообщество людей постоянно меняются, и модули играют важную роль в этом динамическом процессе. Их выходы и входы под воздействием перемен во внешних условиях соединяются и разъединяются; из старых модульных систем образуются новые; существу-

ющие модульные системы растут за счет добавления к ним новых модулей. При оценке дальнейших перспектив развития теории модулей, модульных сетей и парадигмы модульного мышления следует учитывать, что они нужны мировому сообществу, ведь природа и люди в своих построениях повсеместно используют модули и модульные системы. Можно ожидать, что уже в ближайшее время этот метод мышления получит широкое распространение и всеобщее признание.

### Что еще можно прочитать о модульном мышлении

У.Гренандер. Лекции по теории образцов. Под ред. Ю. Журавлева. — М., Мир, 1979–1983.

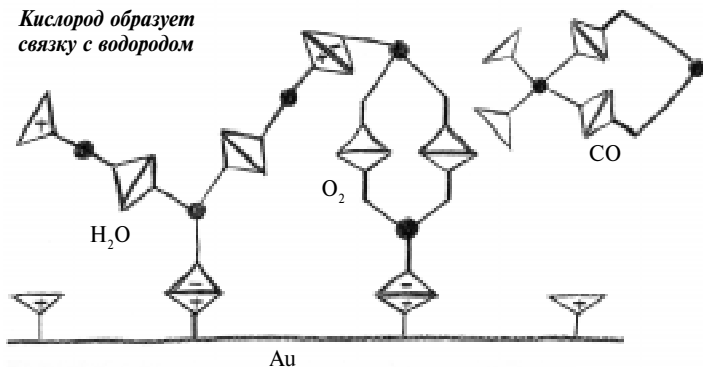
Grenander U. General Pattern Theory, Oxford University Press, 1993.

Шуткин Л.В. Парадигма модульного мышления в компьютерной науке и практике. М. НТИ, Сер.2, 2004, № 10.

Шуткин Л.В. Способ консультативно-гипертекстового обучения. М. НТИ, Сер.1, 2004, № 5.

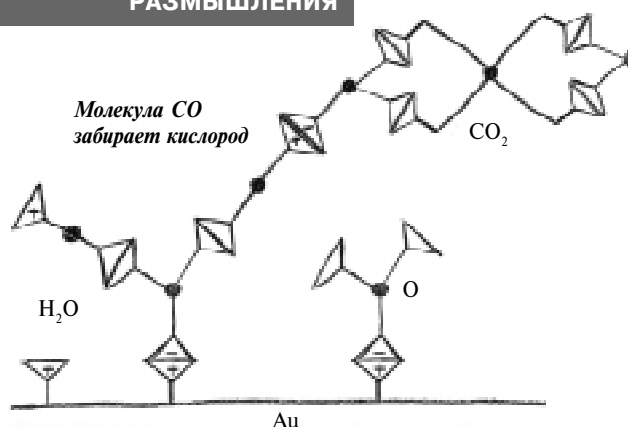


Кислород образует  
связку с водородом



ром атоме кислорода возникнет дополнительный заряд. В случае с кластером золота этот заряд будет отрицательным. Оказавшись рядом, положительно заряженный водород и отрицательно заряженный кислород создадут свою связку,

Молекула CO  
забирает кислород



кислорода, ослабив таким образом молекулу кислорода. В соответствии со сценарием, если в этот момент рядом окажется еще и молекула CO, такой кислород перейдет к ней. Остается только рассчитать условие разрыва связей

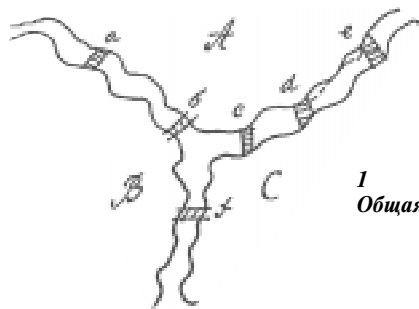
между атомами кислорода в его молекуле и соединения освободившихся связей с углеродом, и модель, которая демонстрирует динамику процесса, готова!

С.М.Комаров

# Задача о кенигсбергских мостах

...Наконец, ты, славнейший муж, выражаешь желание ознакомиться с моим способом построения мостов; охотно представляю этот способ на твой суд. Ибо, когда ты попросил у меня решения этой проблемы, приспособленной к частному случаю Кенигсберга, ты, вероятно, считал, что я предложил такого рода построение мостов, но я не сделал это, а только доказал, что такое построение вообще не может иметь места, и это следует принять вместо решения. Способ же мой является универсальным, так как с его помощью в любом предложенном мне случае этого рода я тотчас могу решить, следует ли строить переход с помощью отдельных мостов или нет, и в первом случае [могу установить], каким образом этот переход следует осуществить. Далее я изложу мой способ, а также опишу путь, которым я к нему пришел.

Я рассмотрел произвольно взятую фигуру разветвления реки, а также мосты a, b, c, d, e, f, как это указано на рисунке [1], и установил, что возможен переход, который я представляю следующим образом. Области, отделенные



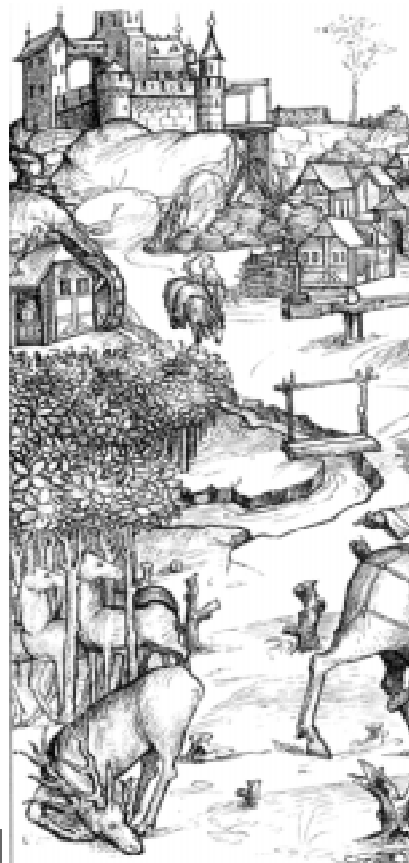
1  
Общая схема решения задачи

друг от друга водой, я называю буквами A, B, C, и когда предполагается переход через мосты из одной области в другую, [а именно] переход из A в B через мост или a или b, — наиболее удобно назвать [буквами] AB, из которых первая буква A будет обозначать область, из которой переходят. Итак, ABCACAB будет определять переход, совершаемый через все мосты по одному разу; число этих букв должно быть на единицу больше, чем число мостов; это должно иметь место при любом возможном переходе описанным способом, в чем каждому легче убедиться самому, чем доказывать. Теперь я рассматриваю, сколько раз в ряду букв A, B, C, A, C, A, B должны встретиться буквы ABC, о чем нужно судить по числу мостов, ведущих в каждую из областей. Так, к области A ведут пять мостов: a, b, c, d, e, и сколько раз буква A встречается в середине того ряда, столько раз встречаются два из этих мостов, ибо с одной стороны нужно перейти в область A, с другой стороны — выйти оттуда. Если A встречается или в начале, или в конце того ряда, тогда единственный переход моста соответствует A. Отсюда следует, что, если число мостов, ведущих в область A, будет нечетным, тогда переход через все мосты не может совершиться иначе, чем таким образом, чтобы он или начинался в области A, или заканчивался в области A. А если число мостов, ведущих к A, будет четным, тогда переход может быть совершен и без этого условия, чтобы

Решение задачи о кенигсбергских мостах, точнее, предложенный при этом метод лежит в основе теории графов. А изложение этого решения можно найти в нескольких письмах Эйлера его коллегам. Например, в письме Карлу Готтлибу Элеру от 3 апреля 1736 года. Ниже следует фрагмент этого письма, перепечатанный из книги: Леонард Эйлер. Письма к ученым, М.–Л., 1963.



АРХИВ



начинаться или заканчиваться в A, но если он начинается в A, то должен будет там же и закончиться. Отсюда вытекает, что в ряде ABCACAB любая буква, за исключением первой и последней, обозначает переход, ведущий через два моста в область, обозначенную этой буквой. Следовательно, надо держаться следующего правила: если на каком-либо рисунке число мостов, ведущих в некоторую область, будет нечетным, тогда желаемый переход через все мосты одновременно не может быть осуществлен иначе, как если переход или начинается, или заканчивается в этой области. А если число мостов четное, отсюда не может возникнуть никакого затруднения, так как ни начало, ни конец перехода при этом не фиксируются. Отсюда следует такое общее правило: если будет больше чем две области, к которым ведет нечетное количество мостов, тогда желательный переход вообще не может быть совершен. Ибо представляется совершенно невозможным, чтобы переход и начинался, и заканчивался в какой-нибудь одной из этих областей. А если будут только две области такого рода (так как не могут быть даны одна область этого рода или нечетное число областей), тогда может быть совершен переход через все мосты, но с таким условием, чтобы начало перехода было в одной, а конец в другой из этих областей. Когда в предложенной фигуре A и B есть области, к которым ведет нечетное число мостов, а число мостов, ведущих к C, является четным, то я считаю, что переход или построение мостов может иметь место, если переход начинается или из A, или из B, а если же кто-нибудь пожелает начать переход из C, то он никогда не сможет достигнуть цели. В расположении кенигсбергских мостов я имею четыре области A, B, C, D, взаимно отделенные друг от друга водой, к каждой из которых ведет нечетное число мостов [рисунок 2]. Таким образом, поскольку есть больше чем две области, к которым ведет нечетное число мостов, я утверждаю, что я доказал полную невозможность такого соединения мостов. Итак, с помощью очень легкого правила можно почти мгновенно определить для любой фигуры, до-

# Мифы далекого прошлого

РАССЛЕДОВАНИЕ

*О чем говорили люди десять тысяч лет назад?  
Что волновало их? Сравнительная мифология  
позволяет реконструировать элементы картины мира  
наших далеких предков и выявить общие корни  
духовной культуры разных народов.*

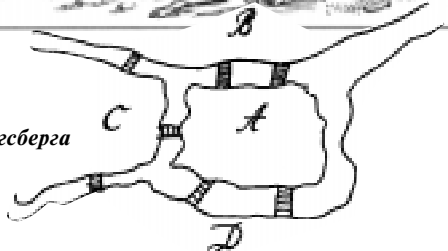
**Н**аверное, каждый помнит — если божья коровка сядет на руку, ее надо попросить: «Божья коровка, улети на небо, принеси мне хлеба, черного и белого, только не горелого». Похожие присказки есть у разных народов. Например, английские дети говорят: «Божья коровка, лети домой, в твоём доме пожар, твои дети в беде...», а норвежцы просят ее: «Золотая коровка, лети на восток, лети на запад, лети на север, лети на юг, найди мою любовь». У голландцев божья коровка, севшая на руки или на одежду, считается хорошей приметой. Лингвист Владимир Топоров исследовал названия божьей коровки в разных языках и пришел к выводу, что ее образ связан с древними верованиями индоевропейцев и их мифом о боге-громовержце, который, заподозрив свою жену в измене, сбросил ее с неба. Если верно предположение о том, что миф существовал до распада единого праиндоевропейского языка на отдельные ветви, то этому поверью несколько тысяч лет. То есть каждый из нас в детстве, сам того не зная, воспроизводил традиционный текст, прошедшей через сотни поколений.

А много ли таких историй сохранилось? Как долго живут мифы в народной традиции? На протяжении тысячелетий они составляли важнейшую часть духовной культуры. Реконструкция древних мифологий позволила бы проникнуть в представления наших предков о мире и о себе. Конечно, изучение мифологических традиций прошлого возможно на основе письменных источников. Научной сенсацией XIX века стало открытие и расшифровка хранителем Британского музея Джорджем Смитом шумерской легенды о потопе, записанной иероглифами на глиняных табличках. Анализ текстов показал, что библейское предание о Ное детально (за исключением некоторых отличий) совпадает с более древним рассказом шумеров об Утнапиштите. Но откуда этот миф пришел к шумерам? И когда он возник? Древнейшие египетские и шумерские мифологические тексты относятся к третьему, китайские — к первому тысячелетию до н. э., а создатели цивилизаций Перу вообще не имели письменности. Значит ли это, что мы никогда не узнаем, каким представляли свой мир люди прошлого? Могли ли сохраниться древние представления в дошедших до наших дней мифах?

Свои ответы на эти вопросы предлагает археолог Юрий Евгеньевич Березкин, доктор исторических наук, заведующий отделом Музея антропологии и этнографии РАН в Санкт-Петербурге. Он разработал метод реконструкций элементов духовной культуры. Идея его исследования достаточно проста.



2  
*Схема мостов Кенигсберга*

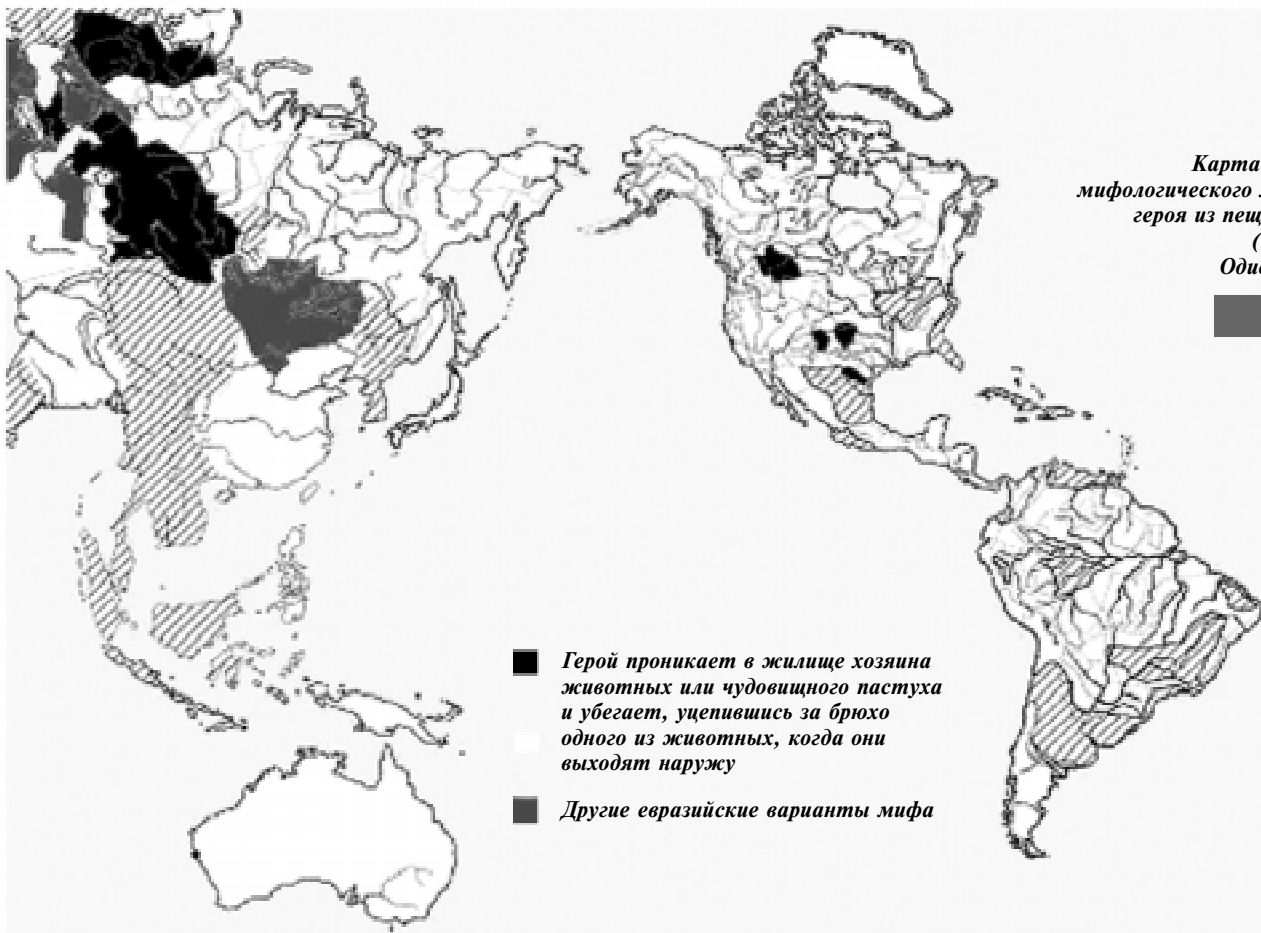


пускается ли такого рода построение мостов, при котором переход будет происходить только через все мосты одновременно, или нет? Ибо возможным будет построение, если и не будет никакой области, или будут только две, к которым ведет нечетное число мостов; в таких случаях начало перехода выбирается произвольно, но там же должен быть и конец перехода. В последнем же случае начало перехода должно иметь место в одной из тех областей, а конец — в другой. Построение невозможно, если будет более чем две области, к которым поведет нечетное число мостов.

Следовательно, ты можешь убедиться, славнейший муж, что это решение по своему характеру, по-видимому, имеет мало отношения к математике, и мне непонятно, почему следует скорее от математика ожидать этого решения, нежели от какого-нибудь другого человека, ибо это решение подкрепляется одним только рассуждением и нет необходимости привлекать для нахождения этого решения какие-либо законы, свойственные математике. Итак, я не знаю, каким образом получается, что вопросы, имеющие совсем мало отношения к математике, скорее разрешаются математиками, чем другими [учеными]. Между тем ты, славнейший муж, определяешь место этого вопроса в геометрии положения, и что касается этой новой науки, то, признаюсь, мне неизвестно, какого рода относящиеся сюда задачи желательны были Лейбницу и Вольфу. Итак, я прошу тебя, если ты считаешь, что я способен нечто создать в этой новой науке, чтобы ты соблаговолит мне прислать несколько определенных, относящихся к ней задач...



*Карта распространения  
мифологического мотива о бегстве  
героя из пещеры хозяина стад  
(включая историю  
Одиссея и Полифема)*



Для того чтобы выявить древние мифы, надо сравнить мифологические традиции разных народов и выявить общие элементы. Например, мифы и предания американских индейцев и народов Евразии, не имевших контактов на протяжении тысяч лет. Некоторые общие для них сюжеты, которые аборигены никак не могли позаимствовать от недавних европейских переселенцев, были известны и ранее, но систематический, широкомасштабный поиск, который мог бы выявить очень древние связи, никто до Березкина не проводил. До появления компьютеров такая работа вряд ли была выполнима.

Юрий Евгеньевич Березкин проанализировал более 30 тысяч текстов из 3000 литературных источников на восьми языках, представляющих мифологические традиции народов Нового Света, Океании и части Евразии, и создал электронный каталог, описывающий эти тексты. Показательна история создания этого каталога. Березкин, археолог по образованию и по призванию, четверть века прошедший в раскопах на границе Туркмении и Афганистана, в 90-х годах из-за изменения политической ситуации и финансирования отечественной науки, по его собственному выражению, «осиротел» — не имел возможности продолжать археологическую работу привычным образом. Тогда-то, чтобы не отрываться от любимого дела, он и начал собирать

коллекцию мифологических текстов. Созданная им база данных не имеет аналогов в мире по объему и полноте описания материала. Для каждого текста в каталоге приведен краткий пересказ, и в отдельную базу данных занесено кодовое обозначение элементов мифа (мотивов) из выделенного исследователем списка. Это позволяет проводить статистическую обработку текстов и выявлять сходные мотивы между изучаемыми мифологическими традициями.

При этом следует принимать во внимание как возможность случайного совпадения, независимого возникновения сходных явлений у разных народов, так и высокую вероятность заимствований, многократного копирования элементов культуры от поколения к поколению и от одного народа к другому. Понятно, что заимствование более вероятно для родственных народов, живущих недалеко друг от друга, и менее вероятно для народов, друг от друга удаленных на большие расстояния. Тем не менее удалось выявить более дюжины общих мотивов. Например, рассказ индейцев кайова о появлении бизонов. Герой рассказа Сендех, ловкач и обманщик, узнает, что Белый Ворон спрятал всех бизонов в своей пещере. Сендех хитростью проникает в пещеру, выпускает бизонов, а чтобы стоящий у входа Ворон не убил его, превращается в репей и прилипает к животу бизона. Замените Сендеха на Одиссея,

Ворона на одноглазого великана Полифема, а бизонов — на коз и овец, и вы получите известную историю из греческой мифологии. Встречается она и у других народов (рис. 1). Казахский миф очень похож на греческий. Бурган-батыра и его товарища приводит в пещеру одноглазый старик, собиравшийся съесть их. Батыр выжигает единственный глаз людоеда и прячется в загоне для скота. Чтобы выбраться, он надевает на себя шкуру козла. Животные (не козы, а дикие олени и куланы) разбегаются из пещеры. С той поры по степи бродят копытные, на которых охотятся люди. Вероятно, в казахском и американском вариантах, объясняющих происхождение диких животных, сохранились элементы, возникшие до распространения скотоводства, то есть более древние, чем греческий миф. Интересно, что у народов Евразии, проживающих восточнее Монголии, данный миф отсутствует.

Этот пример, во-первых, иллюстрирует особенности воспроизведения мифологических текстов. Дело в том, что время жизни собственно мифологического текста в исторических масштабах не слишком велико. Но составляющие эти тексты элементы (некоторые особенности персонажей или определенные повороты сюжета) оказываются достаточно стабильными. Из этих элементов мы будем называть их мифологическими мотивами, в разных сочетаниях, как из



2  
Изображения зайца или кролика на Луне найдены в искусстве древнего Китая (а) и доколумбовой Мексики (б). Мифы обеих этих областей также помещают кролика на Луну.

а — Лунный кролик из Китая (династия Хань, 206 до н. э. — 220 н. э.)



б — Кролик и лунная богиня из Мексики

мозаики, собираются новые тексты, смысл и детали которых могут различаться в разных традициях и даже в пределах одной традиции.

Во-вторых, он дает возможность обсудить три варианта объяснений сходства мифов у народов, столь отдаленных исторически и географически. Первый — наличие универсальных форм мышления, подобных юнговским архетипам, которые отражаются в мифах. Но, как показал анализ огромного корпуса мифологических текстов, мотивы, которые могли бы отражать универсальные психологические особенности всех людей на всех континентах, характерны для одних территорий и совершенно не характерны для других.

Вторая возможность — это появление сходных мифов в похожих природных или социальных условиях. Рациональное зерно в подобном подходе, конечно, есть. Но в итоге как социальная, так и природная среда лишь задает некоторые ограничения, оставляя свободу для бесчисленных вариаций. Например, понятно, что только в низких широтах, там, где серп луны располагается горизонтально, он ассоциируется с лодкой, а в Арктике образа луны-лодки нет. Однако и в тропиках такой образ достаточно редок и притом встречается лишь в отдельных ареалах.

И наконец, третье объяснение — сходство обусловлено происхождением от общей предковой традиции, многократным копированием одних и тех же рассказов из поколения в поколение. Сей-

час на основе археологических и популяционно-генетических данных считается, что Америка начала заселяться примерно 13–15 тысяч лет назад, хотя и позже люди наверняка проникали туда из Азии. Контакты между двумя континентами должны были быть особенно интенсивными до 10 тысяч лет назад, в тот период, когда ледники, преграждавшие путь из Аляски на юг, уже растаяли, а сухопутный мост между Чукоткой и Аляской еще сохранялся. Если сходство евразийских и американских историй о бегстве героя из пещеры объясняется происхождением от общих евразийских традиций, то, уйдя в Америку, индейцы на протяжении примерно 500 поколений пересказывали историю о хозяине животных и его пещере, пока она не оказалась наконец зафиксирована этнографами. Возможно ли это? Ю.Е.Березкин приводит важный довод в пользу реальности исторических связей между американскими и евразийскими мифологическими традициями. Повествование о пещере хозяина стад — не единственный сюжет, распространенный в двух столь отдаленных регионах — в пределах степного пояса: в Евразии (и сопредельных с ним территориях) и в Северной Америке (к востоку от Скалистых гор). Удалось выявить более десятка сюжетов, имеющих аналогичное ареальное распространение. Так, рассказ о герое, который помогает птенцам гигантской птицы (обычно спасает их от змея), а благодарная птица помогает ему добраться до цели, есть в русских были-

нах и весьма популярен от Кавказа до Южной Сибири, а вне Евразии характерен для индейцев Великих равнин — ассинобойн, кроу и некоторых других. Многие из сюжетов наверняка известны читателю, знакомому с русскими или любыми другими западноевразийскими волшебными сказками, а также с античной мифологией. Хотя сама волшебная сказка как фольклорный жанр вряд ли возникла ранее двух тысяч лет назад (ни в античных, ни в фольклоре аборигенов Америки его нет), она впитала в себя много древних мифологических сюжетов и образов. Выявленные мотивы имеют не только общие ареалы распространения. Их связывает и некая единая тема, поскольку речь в основном идет об эпизодах героического характера.

Видимо, 10–12 тысяч лет назад в обществах Центральной Евразии были распространены повествования о героях-юношах, от рождения наделенных неуязвимостью и сверхъестественной силой, воинах и искателях приключений. Они живы до сих пор — не только в исчезающей традиционной культуре, но и на экранах телевизоров, в сериях «Звездных войн» и «Властелина колец».

Выявленная общность мифологических традиций, уходящая корнями в столь глубокое прошлое, показывает наиболее стабильно воспроизводящиеся элементы нематериальной культуры. Сравнительная мифология дополняет археологические, лингвистические и генетические реконструкции и дает возможность приподнять завесу, скрывающую наше прошлое. Хотя набор мотивов не отражает особенностей древней культуры во всем ее богатстве, это адекватно и потому бесценный источник сведений о том, каким представляли мир люди далекого прошлого, и он наглядно демонстрирует духовное родство народов.

**Электронный каталог мифологических мотивов доступен на сайте <http://www.ruthenia.ru/folklore/berezkin/>**



# О паразитической природе мужского пола

**Э**кспериментальная генетика медленно, но верно решает важнейшие проблемы биологии. И вот наконец наблюдения за процессами, происходящими в генофондах лабораторных популяций животных, позволили раскрыть происхождение и природу мужского пола.

Исследователи, поддерживающие в своих лабораториях культуры всевозможных организмов — от кишечной палочки до крыс и кроликов, — постоянно сталкиваются со всевозможными уродствами у экспериментальных животных, но лишь недавно стало понятно, что уродства эти зачастую не случайны и могут приносить их обладателям ощутимую выгоду.

Так, в лабораторных культурах вирусов постоянно появляются формы с укороченным геномом. Размножаться самостоятельно дефектные вирусы не способны, однако они вполне благополучно воспроизводятся, если попадают в бактериальную клетку вместе с братьями, имеющими полноценный геном.

Понятно, что нормальные вирусы стремятся отделаться от нахлебников, однако дело это непростое. Время от времени они образуют новые формы, геном которых так сильно отличается от генома паразитов, что полноценные вирусы могут воспроизводить только самих себя. Однако и среди них через какое-то время появляются уроды с укороченным геномом, и все повторяется сначала.

Вам это ничего не напоминает? Вот именно: эти неполноценные, укороченные вирусы — полный аналог мужского пола, практически неизбежно возникающего в процессе эволюции высших организмов. А ведь куда разумнее и справедливее всем быть гермафродитами, не способными к самоопло-

творению! Обмениваешься с собратом сперматозоидами, дабы избежать генетического вырождения, а потом каждый сам вынашивает и растит собственных детишек. Почему же гермафродиты столь редки?

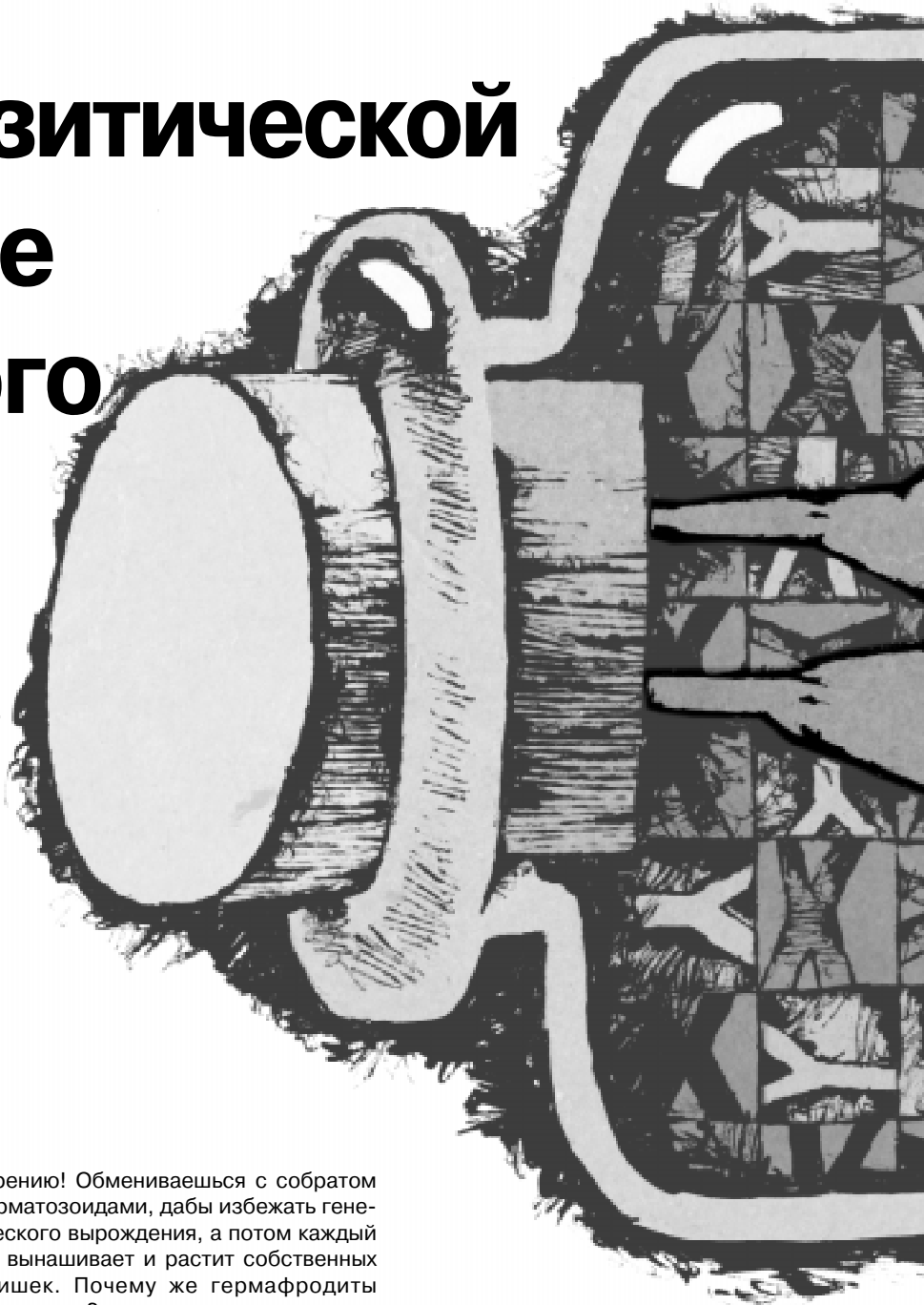
Оказывается, правильный ответ дал Р. Докинз в своей книге «Эгоистичный ген». Дело в том, что уже в гермафродитном сообществе преимущество получает дефектная особь, отдающая сперматозоиды, но заботой о собственном потомстве не обремененная. Это и есть будущий самец. Когда таких паразитов становится в популяции слишком много, возникает дефицит яйцеклеток. И вот, чтобы вид не вымер физически, полноценные гермафродиты вынуждены полностью переключиться на производство яйцеклеток. Так появляются самки.

Паразитическая природа самца очевидна, например, в случае морского червя бонеллии: молодые особи, освещенные после планктонной фазы развития на необжитый участок морского дна,

становятся самками, а те, кому повезло попасть на хоботок сородича, — самцами. Пол у этих созданий не детерминирован генетически, и самцами становятся те, кому есть на ком паразитировать. Паразитируют на самках и самцы удильщика — глубоководной рыбы.

Впрочем, сущность мужского пола не меняется и тогда, когда принадлежность к нему закрепляется на хромосомном уровне. Мужская Y-хромосома много короче женской X-хромосомы и несет в себе все признаки дегенерации. Фактически здесь мы имеем дело с тем же явлением, что и в случае вирусов с укороченным геномом.

Дефектная сущность самцов была подмечена давно. Еще в 1984 году (№ 3) «Химия и жизнь» так и писала: «В ка-







## А ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

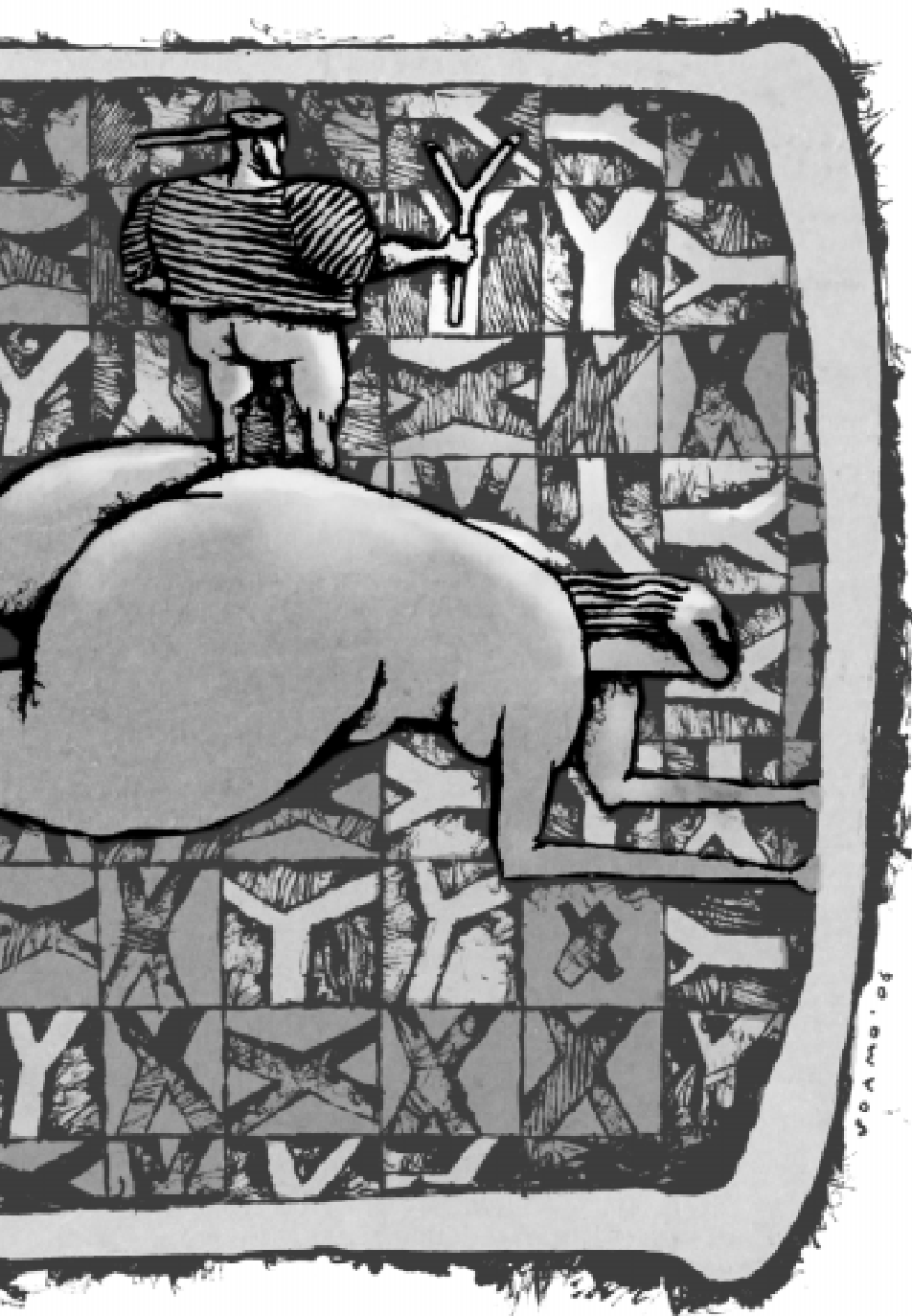
оплодотворить как можно больше самок, а главное — отстранить от размножения конкурента. При этом самцы обзаводятся рогами и шпорами исключительно для борьбы друг с другом, а вовсе не для защиты потомства от хищников.

Но это бы еще куда ни шло — гораздо хуже, когда жертвами конкуренции между самцами становятся самки. У дрозофилы одну самку оплодотворяет несколько самцов, и некоторые из них примешивают к сперме вещества, повышающие эффективность оплодотворения яйцеклеток именно их спермой. Такие вещества, как выяснилось, могут иметь побочное действие и приводить к гибели самок. И хотя случается, что самка гибнет, вообще не отложив яиц, самцу подобный риск кажется вполне обоснованным — лишь бы иметь шанс победить в мужском соперничестве. Самки же, понятное дело, считают иначе и вынуждены тратить силы на то, чтобы найти противоядие от химической атаки.

Чтобы хладнокровно взирать на столь беспардонные приемы, используемые самцами, требуется немало мужества, и как-то раз терпение ученых кончилось. Исследователи из Калифорнии Б.Холланд и В.Райс принудили дрозофил к моногамии и заставили их жить парами на протяжении 47 поколений. Теперь самец уже не мог рисковать жизнью единственной вверенной ему самки, и химическая война полов закончилась вместе с неизбежной при полигамии конкуренцией между самцами. Освободившиеся ресурсы пошли на благое дело: по скорости воспроизводства и развития особой экспериментальная популяция превзошла контрольную (Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1999, p.5083–5088).

Нет сомнения, что введение строгой моногамии было бы полезно не только дрозофиле — ведь сколько сил и ресурсов уходит на всевозможные «мужские игры»! Давно пора дать укорот самцам всех видов — этим эгоистичным паразитам с дефектным геномом.

**О.Куликова,  
а.шеховцов**



Художник В.Камаев

ком-то смысле мужчина (самец *Homo sapiens*. — О.К., А.Ш.) — дефектное произведение природы». Добавим только — не просто дефектное, но и бесконечно эгоистичное, причем эгоизм мужского пола проявляется на всех уровнях организации.

Эгоизм на уровне Y-хромосомы особенно наглядно проявляет себя в генетических экспериментах. Например, в лабораторных популяциях дрозофилы периодически появляются самцы, продуцирующие сперматозоиды только с Y-хромосомой. Половых клеток с X-хромосомой они не производят вовсе, и частота встречаемости самцов в такой линии мух начинает стремительно расти. Обычно популяция вымирает еще до того, как естественный отбор спохватит-

ся и постарается исправить положение. К счастью, иногда он все-таки успеваешь выявить и поддержать X-хромосому с такой мутацией, которая гарантирует, что самцам уже не удастся избавиться от столь ненавистой им X-хромосомы.

Мало того, нередки случаи, когда Y-хромосома вообще отбрасывает всякие приличия и начинает бесконтрольно размножаться в клетках сама по себе. Эксперименты показывают, что именно так возникают дополнительные, или B-хромосомы, которые не несут, как правило, никаких полезных генов, то есть являются генетическим балластом. А между тем эти хромосомы обнаружены примерно у 15% организмов!

Что уж говорить о конкуренции самцов между собой! Каждый стремится

## И ЖИЗНЬ

Если со зрением ученые разобрались довольно давно и подробно, то с восприятием запахов, которое по-научному называется «химической коммуникацией», видимо, все еще впереди. Два года назад за исследование механизмов обоняния впервые присудили Нобелевскую премию, и тем не менее остается еще много вопросов без ответа. До сих пор не выяснены химические формулы веществ, которые служат обонятельными сигналами у млекопитающих (расшифрованы только единицы), а также неясен точный механизм их распознавания и то, как они влияют на поведение. А по-простому, по-обыкательски: никто не может точно объяснить, как собака узнает людей по их запаху, ведь все мы, очевидно, пахнем по-разному, но сами этого не чувствуем; какие новые послания она вынюхивает каждый раз во дворе; какие именно вещества ответственны за то, что волк узнает свою волчицу (ведь не по прическе и фигуре, а именно по запаху); какие пахучие вещества вызывают стресс, агрессию, сексуальное преследование... Очень многое в животном мире и у человека построено на запахах, и, несмотря на то что спекуляций на эту тему уже достаточно много, исследователи с этим начали разбираться совсем недавно.

### Чем и как нюхаем

Древние греки считали, что в носу существует прямая щель в мозг, поэтому когда человек втягивает в себя воздух, то пахучие частицы с воздухом попадают прямо туда, где он и различает запах. Это утверждение не так уж и ошибочно. Запах — ощущение, которое возникает у нас, если летучие вещества (те, которые дают достаточно много молекул в газовую фазу) при вдохе попадают на специализированные обонятельные клетки. Эти клетки расположены на уровне глаз в носу и как бы висят «вниз головой» — точнее, вниз торчат их отростки, на которых находятся молекулярные рецепторы. Пахучие вещества взаимодействуют с молекулярными рецепторами, после чего открыв-

аются ионные каналы и возникает электрический импульс, попадающий в обонятельный мозг. Собственно обонятельные клетки — единственные клетки мозга, непосредственно контактирующие с внешней средой, поскольку любые другие органы (например, глаза) доносят информацию до мозга через вторичные рецепторы, и только обонятельные клетки обходятся без посредников. Потому что они сами — часть мозга. Помимо обонятельных клеток, в общее ощущение запаха вносят свой вклад вомероназальные клетки (особые обонятельные клетки), вкусовые клетки и свободные окончания обычных нервных клеток, которые тоже участвуют в восприятии некоторых химических веществ.

У людей  $10^7$  обонятельных клеток, это немало. У многих млекопитающих их на порядок больше. Чтобы оценить разницу между обонянием собаки и человека, достаточно сравнить площадь отростков обонятельных клеток, на которых расположены молекулярные рецепторы, — вероятнее всего, это мембранные белки, непосредственно взаимодействующие с пахучими веществами. У человека эта поверхность составляет около  $25 \text{ см}^2$  ( $5 \times 5 \text{ см}$ ), а у собаки — порядка  $6 \text{ м}^2$  ( $2 \times 3 \text{ м}$ ).

Вокруг нас пахнет практически все, при этом человеческий нос что-то может уловить и оценить, а что-то нет. То, чего мы обычно не различаем, — это генетически обусловленный индивидуальный запах человека. Мы воспринимаем, к примеру, запах грязного или чистого тела, запах духов, запах геля для душа, и только. А собаки по запаху различают не только своих собратьев, но и нас, людей. Один из ярких источников индивидуального запаха человека — темечко, и матери легко отличают своих детей по запаху этой части головы.

Строго говоря, физиологически мы воспринимаем с помощью нашей обонятельной системы изменение состава паров летучих веществ в воздухе. При неизменном составе паров наступает адаптация и восприятие запаха исчезает. Поэтому если зайти в сильнопахнущее помещение и провести там 5–6 минут, то покажется, что за-

пах пропал. Для того чтобы вновь его почувствовать, нужно открыть дверь или форточку и изменить состав воздуха, который мы вдыхаем.

### Сложный объект

Но что такое запах с точки зрения химии — какие вещества пахнут? Далеко не все — из известных 10 млн. органических веществ таких только 10%. Очень долго химики пытались найти зависимость между строением химического вещества и его запахом. Результаты не блестящие. Известно, что если молекулярная масса у вещества больше 400, то оно не пахнет, поскольку просто не дает пары в нужных количествах. А вот какие из оставшихся пахнут — сказать довольно трудно. Да и с парами в нужных количествах тоже однозначного ответа нет — предсказать обонятельные пороги (то есть минимальную дозу, при которой мы ощущаем запах) веществ на основании их химической структуры не удается.

Кстати, оказалось, что эти самые обонятельные пороги очень разные. Одни вещества возбуждают обонятельные рецепторы в количестве  $10^{-3}$  г, а другие мы чувствуем, когда их в воздухе всего несколько фемтограммов ( $10^{-15}$  г). То есть диапазон — 12 порядков! Правда, веществ, запах которых человеческий нос в состоянии уловить в таких маленьких количествах, немного более сотни. В больших же дозах эти и другие вещества могут также одновременно возбуждать многие специфические рецепторы, вызывая еще и суммарные запахи.

Проблема в этой области науки отчасти заключается в том, что человеческий нос (не говоря о собачьем) гораздо чувствительнее приборов. Хроматографы и масс-спектрометры работают, как правило, до  $10^{-9}$  г (нанограммы), а носом мы, как уже сказано,

\* Руководитель группы химической коммуникации и хеморецепции Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН Эдуард Петрович Зинкевич более пятидесяти лет постигает природу запаха.



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

чувствуем и пикограммы ( $10^{-12}$  г), и фемтограммы. Поэтому когда исследователи анализируют запахи физико-химическими методами и пытаются определить вещества, передающие какую-то информацию, ответ на поставленный вопрос не всегда удается получить. В отечественной парфюмерии был забавный случай: изменили методику очистки одного из компонентов духов, после чего его хроматограмма стала идеальной (один пик, без всяких примесей), но зато для парфюмера это вещество стало припахивать гарью. Значит, в нем были примеси, которые улавливал нос, но не мог различить хроматограф. И ничего сделать было невозможно, поскольку доступные инструментальные методы утверждали, что вещество чистое, а для носа оно было грязным!

Поэтому чистота пахучего вещества — вещь тонкая. За много лет работы с такими сложными субстанциями мы выработали такой подход: чистить их очень осторожно, чтобы не только не потерять ни одну из фракций, но и не изменить соотношение между компонентами! Разделяя такие вещества, мы прониохируем каждую фракцию и даже нулевую линию или делаем ряд биотестов, и часто оказывается, что основное вещество не пахнет ничем, а запах дает примесь, которой меньше 0,001%. Вот почему при работе с пахучими веществами уместно говорить не о химической, а о «парфюмерной», или «обонятельной», чистоте препарата.

Кроме того, что нос к некоторым веществам гораздо чувствительнее приборов, он еще и анализирует смеси пахучих веществ не так, как физхимики, поскольку производит интегральный анализ, а не по отдельным компонентам. Исследователи с помощью хроматографов разделяют смесь летучих веществ на отдельные компоненты, выделяют и затем характеризуют последовательно каждое вещество. Нос, в котором, как мы уже знаем, находится  $10^7$ – $10^8$  клеток и, видимо, около тысячи молекулярных рецепторов, делает мгновенный параллельный анализ всех веществ, то есть получает сразу некий обонятель-

ный образ. Это принципиальное отличие: носом мы интегрируем смеси, то есть мгновенно получаем интегральный анализ, а физико-химический анализ дифференцирует, то есть просто разбирает, смесь на отдельные компоненты.

### Это сладкое слово «феромон»

Термин «феромон» появился в начале 60-х годов, когда исследователи выяснили, почему самка тутового шелкопряда (см. «Химию и жизнь», 1997, № 1) привлекает самцов на больших расстояниях. Когда в конце 50-х Адольф Бутенандт, к тому времени уже получивший Нобелевскую премию за открытие и установление структуры женских половых гормонов, занялся привлечением самцов тутового шелкопряда к самкам с больших расстояний, большинство исследователей казалось, что здесь дело в волновых эффектах, а не в химии. Если работа с женскими половыми гормонами потребовала 18 000 литров мочи кобыл, откуда было выделено несколько миллиграммов нужного вещества, то через тридцать лет на алтарь науки легли почти полмиллиона девственных самок шелкопряда. Получив 4 мг вещества, без всякой хроматографии и масс-спектрометрии А.Бутенандт сумел доказать, что именно оно привлекает самцов. Причем одна самка выделяет это вещество в таких малых количествах, что мы и современными методами не сможем его измерить, — миллионные доли микрограмма. Феромонами стали называть вещества, выделяемые насекомыми и влияющие на поведение особей противоположного пола того же вида, в частности на размножение. Конечно, когда исследователи перешли к работе с млекопитающими, все оказалось намного сложнее.

У всех млекопитающих, включая человека, на поверхности тела есть кожные железы, которые выделяют приходящий только этой особи запах (включаящий те самые феромоны), и логично предположить, что он может быть сигналом для остальных индивидов и влиять на их поведение. Смысл жизни и основная задача млекопитающего — сохранение своей генетической информации во времени, то есть продолжение рода. Но ведь по каким-то признакам надо уметь отличать животное, с которым можно спариваться. Обонятельные сигналы как раз и позволяют это делать.

Тела млекопитающих выделяют тысячи летучих веществ, часть из которых несет информацию о виде, поле,

индивидуальных качествах и физиологическом состоянии особи. Их настолько много и выделяются они в таких небольших количествах, что установить, есть ли среди них какое-нибудь одно главное, ответственное за физиологический или поведенческий эффект, практически невозможно. Запах каждого млекопитающего — это образ: неповторимая смесь и комбинация пахучих веществ. Я думаю, что и феромоны млекопитающих — это тоже сложная смесь, поскольку даже у примитивного тутового шелкопряда сначала выделили главный компонент (бомбикол), отвечающий за привлечение самцов, а уже потом обнаружили другие, не менее важные вспомогательные компоненты.

Все феромоны млекопитающих делят на два больших класса: релизеры и праймеры. Первые вызывают мгновенное изменение поведения: агрессию, половое поведение, избегание, испуг и т. п. Вторые влияют на эндокринную систему и в результате через какое-то время меняют физиологическое состояние организма. Приведу только несколько примеров из жизни братьев наших меньших.

В нашем институте мы провели довольно много интересных экспериментов с дикими серыми крысами, пасюками. Например, мы решили, что они не хуже собак могут запоминать индивидуальный запах людей и легко их различать (ведь они такие умные!). Действительно, оказалось, что крысы легко, с первого раза запоминают личный запах человека, помнят его не менее месяца и, что самое интересное, знают, какого он пола. Последнее было понятно, поскольку все крысы (самцы и самки) достоверно дольше исследуют запах самцов любых видов млекопитающих, в том числе и человека. А еще у крыс, а также у домашних мышей были найдены просто фантастические эффекты. Очень хотелось бы знать, воспроизведутся ли эти опыты на других млекопитающих.

Если запустить в клетку самца, то у самок крыс синхронизируются половые циклы. Также запах взрослого самца ускоряет половое созревание самок и тормозит половое созревание самцов. Еще один эффект, с которым мы тоже работали на домашних мышах в нашей лаборатории, это так называемый Брюс-эффект (по фамилии открывшей его англичанки). Если самка оплодотворена самцом и продолжает сидеть с ним в одной клетке, то она благополучно родит, а если посадить ее к чужому самцу или поместить в клетку с запахом чужого самца, то беременность блокируется — зародыш не прикрепляется к стенке матки. Многие ис-



следователи пытались идентифицировать вещества, которые влияют на этот эффект, но никому, включая нас, это так и не удалось.

Нам удалось поставить новый интересный эксперимент, но он отвечал скорее на биологический, а не химический вопрос. Мы подумали: «А самец крысы хочет родить?» Если после оплодотворения самка будет сидеть в атмосфере своего самца — она родит, а в атмосфере чужака — нет. Оплодотворенной самке был предоставлен самостоятельный выбор клетки с запахом своего или чужого самца. Оказалось, что при свободном выборе около половины самок «не хотели» рожать, то есть выбирали клетку с запахом чужого самца.

Одно из наших исследований на серых крысах закончилось вполне практическим результатом. Мы обратили внимание, что предметы, меченные своими сородичами, крысы исследуют гораздо дольше и подробнее, чем предметы с запахом других видов животных. Понятно, кто будет внимательно изучать текст на китайском языке, если рядом есть текст на родном? Мы выделили из мочи крыс три группы химических веществ: нейтральные, кислоты и основания (амины). Ни на одну из них в отдельности крысы не реагировали так, как мы ожидали, то есть не исследовали достоверно дольше, чем мочу домового мыши. Тогда мы стали смешивать эти группы попарно. Как ни удивительно, именно сочетание оснований с кислотами, которые, казалось бы, должны давать малолетучие соли, и вызвали пристальный крысиный интерес. В результате мы запатентовали препарат — синтетический алифатический амин, нейтрализованный низшими жирными кислотами, который надо наносить рядом с пищевой приманкой в крысоловках. На такую приманку попадает на 20% больше крыс (для этих умнейших животных — очень много), а главное, ловится самая осторожная категория — крысы-лидеры (крупные самцы) и беременные самки.

## Приворотное зелье

Наверное, всем хочется знать — а у человека-то наконец нашли эти самые, присущие только нашему виду вещества, которые привлекают противоположный пол и обеспечивают продолжение вида? Нет, не нашли, хотя я уверен, что они есть. Андростенон (для химиков это 5 $\alpha$ -андрост-16-ен-3-он, вещество, близкое по химическому строению к тестостерону — одному из мужских половых гормонов), который уже добавляют в духи, никак нельзя назвать «человеческим

аттрактантом». Это вещество, которым пахнут хряки и многие мужчины, безусловно, можно считать визитной карточкой мужского пола, поскольку женщины нас по нему и отличают (если не намазаться до неузнаваемости дезодорантом).

А вот у женщин так и не нашли химического вещества, присущего только прекрасному полу. То, понюхав которое с уверенностью можно сказать, что так пахнет дама. У животных нашли. У выхухоли — это соотношение некоторых алифатических *n*-пропилкетонов из секрета хвостовой железы, которое позволяет отличать самцов от самок (данные хромато-масс-спектрометрического анализа); у золотистого хомячка — летучие органические соединения двухвалентной серы и некоторые другие. По логике что-то подобное должно существовать и у женщин. Были публикации, что в вагинальных выделениях обезьян идентифицированы низшие жирные кислоты, выполняющие функции половых феромонов самок (те же кислоты были найдены в выделениях женщин), но потом эти данные не подтвердились. В настоящее время мы пока еще не знаем, какую специфическую смесь химических веществ выделяют женщины и что может так влиять на мужчин, как андростенон влияет на женщин.

С андростеноном тоже не все складно. Странность заключается в том, что его «унюхивают» только женщины (мужчины его, как правило, не чувствуют) и их общая реакция даже на исчезающие его количества, как правило, настолько отрицательная, что с вами потом могут и не поздороваться. То есть женщинам это вещество не нравится, хотя они осознают, что это запах мужчины, и, казалось бы, он не должен быть отталкивающим.

Неизвестно, нравится ли андростенон самкам свиней (хряки его выделяют в изрядном количестве), но действует он на них безотказно. Если самкам давать нюхать андростенон, то проблем с искусственным оплодотворением не будет. Дело в том, что когда группа свиней, у которых разные циклы, ждет осеменения, то есть подходящего момента цикла, то процесс растягивается на месяц и больше. Запах андростенона у всей группы синхронизирует цикл, и все происходит быстренько за десять дней. Но он же вызывает характерную позу неподвижности у свиных в нужной фазе полового цикла. То есть если вспомнить классификацию феромонов, то понятно, что андростенон — и релизер и праймер, поскольку он дает мгновенные внешне наблюдаемые изменения

поведения, а через какое-то время — изменение физиологического (эндокринного) состояния.

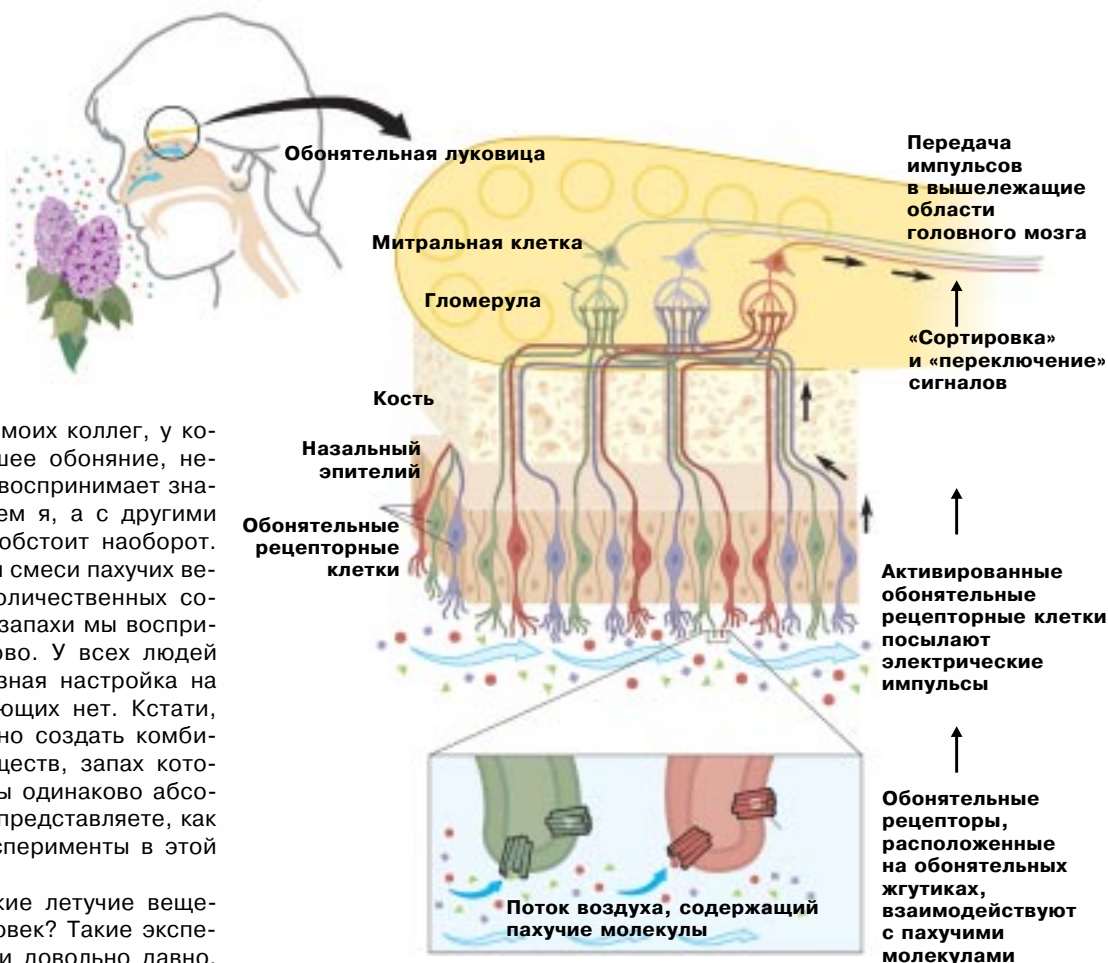
Эксперименты с андростеноном мы ставили и на людях. Он хоть и не работает как мужское приворотное зелье (что бы ни утверждала реклама), но у нас получилось, что одной его понюшкой можно влиять и на длительность женского полового цикла. Если это фолликулярная фаза (когда созревает яйцеклетка), то цикл укорачивается на пару дней, а если лютеальная фаза, когда яйцеклетка отмирает, то цикл удлиняется. Подобные исследования проводили американские специалисты, делая женщинам-добровольцам гормональные тесты во время всего полового цикла, но не довели их до логического конца. Эти тесты дорого стоят, и к женщинам в таком эксперименте предъявляются особые требования, которые в Америке нелегко выполнить.

Есть еще одна странность с андростеноном: некоторые женщины, как и мужчины, его запаха не чувствуют и андростенон на них никак не влияет. Зачем-то природа устроила так, что женщины, которые воспринимают запах этого вещества как неприятный, под его влиянием меняют свое физиологическое состояние, а остальные защищены от последствий андростеноновой атаки.

## Что может нос

Вернемся к человеческому носу. Это еще одна сложность в продвижении науки о запахах, поскольку на нем очень трудно ставить эксперименты. Начнем с того, что у разных людей чувствительность к одним и тем же веществам различается на порядки, то есть у разных людей неодинаковы пороговые концентрации, при которых они начинают ощущать вещества. Обонятельные клетки — особые нервные клетки, они обновляются каждые 40 дней в течение всей жизни, и новые клетки можно тренировать, повышая их чувствительность к определенным соединениям.

Так, например, начиная проводить эксперименты с тем же андростеноном, я не чувствовал его запаха. Но в результате систематической работы не только стал его воспринимать, но и повысил свою чувствительность к нему на три порядка. Но здесь нет ничего постоянного. Если мы работаем с какими-то веществами, то поддерживаем чувствительность к ним, а когда перестаем с ними работать, то чувствительность снижается и для некоторых веществ полностью пропадает. Более того, во время работы вы-



яснилось: одна из моих коллег, у которой очень хорошее обоняние, некоторые вещества воспринимает значительно лучше, чем я, а с другими веществами дело обстоит наоборот. И когда мы готовим смеси пахучих веществ в равных количественных соотношениях, то их запахи мы воспринимаем неодинаково. У всех людей принципиально разная настройка на запахи — совпадающих нет. Кстати, поэтому невозможно создать комбинацию пахучих веществ, запах которой действовал бы одинаково абсолютно на всех. Вы представляете, как трудно ставить эксперименты в этой области?

Известно ли, какие летучие вещества выделяет человек? Такие эксперименты проводили довольно давно, но они по большей части были закрытыми. В 60-е годы американские исследователи опубликовали часть результатов — речь, вероятно, шла о подводниках, нужно было оценить как и от чего очищать атмосферу изолированных пространств. Нескольких людей, находящихся на одной и той же диете в одних и тех же условиях, на четыре часа помещали в стеклянную камеру, продуваемую воздухом, потом его концентрировали и идентифицировали выделенные испытуемыми летучие вещества. В эксперименте участвовали только мужчины — белые и негроиды. Получилось, что больше всего (до 500 мкг/час) мы выделяем ацетона и изопрена, а кроме них нашли сотни веществ, известных из учебника органической химии А.Е.Чичибабина. Вот и разберись, какие из них потенциальные феромоны и на что они могут влиять, особенно если учесть, что часть веществ прибор по причине своей малой чувствительности просто не уловил.

Между прочим, американские ученые пытались определить, какое вещество ответственно за несколько другой, чем у европеоидов, сладковатый запах людей негроидной расы. Ни хроматографией, ни масс-спектрометрией разницу уловить не удалось, хотя носом эту разницу легко воспринимают представители как белой, так и черной рас.

### За что дадут Нобелевскую премию

Что же известно о молекулярных механизмах узнавания пахучих веществ обонятельной системой млекопитающих? Это — тема для большой отдельной статьи. В двух словах: сегодняшние наши представления пришли, похоже, в основном от молекулярных моделей зрительной рецепции. Сейчас принято считать, что обонятельная рецепция построена на базе белка, подобного родопсину, который изучен очень хорошо. Родопсин пронизывает мембрану зрительной рецепторной клетки семь раз, некоторые его части выходят наружу из этой клетки, а другие — вовнутрь.

В 1991 году Ричард Аксель и Линда Бак, будущие лауреаты Нобелевской премии 2004 года по физиологии и медицине, присужденную «за открытие обонятельных рецепторов и организации обонятельной системы», задалась вопросом: если все обонятельные клетки совершенно одинаковы по строению, как же они различают такое количество запахов — десятки тысяч? Должны же у них быть отличия на молекулярном уровне. Тогда стали искать гены, коди-

рующие белки — молекулярные рецепторы обонятельных клеток. Эти рецепторные белки должны иметь некую аминокислотную последовательность, входящую вовнутрь клетки, как у родопсина, а также другие участки, выступающие снаружи мембраны. По логике эти белки должны присутствовать только в обонятельном эпителии и не должны встречаться в других тканях.

Исследователи нашли в обонятельных тканях около 1000 генов, которые, следовательно, отвечают за 1000 обонятельных рецепторов млекопитающих, воспринимающих всю гамму пахучих веществ. Теперь стали понятнее физиологические механизмы работы обонятельной системы. Однако конкретные механизмы — как мы различаем пахучие вещества по запаху, как они взаимодействуют с белковыми рецепторами и, главное, как предсказать запах по химической структуре вещества — все это пока неясно. Наверное, после решения этих вопросов будет присуждена следующая Нобелевская премия, и надеемся, что она достанется нам, россиянам.

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ



**Международная конференция  
студентов и аспирантов  
по фундаментальным наукам  
“Ломоносов-2006”  
V Всероссийская  
олимпиада  
по органической химии  
апрель 2006, Москва  
Химический факультет МГУ**



*ChemBridge Corporation  
Химический факультет МГУ  
Высший химический колледж РАН*

*при информационной поддержке  
журнала “Химия и жизнь-XXI век”*

**Председатель:**

**В. В. Лунин,**

академик РАН, профессор,  
декан Химического факультета  
МГУ им. М. В. Ломоносова

**Заместитель председателя:**

**А. В. Анисимов,**

профессор, зам. декана  
Химического факультета  
МГУ им. М. В. Ломоносова

**Организационный  
комитет:**

**С. Е. Семёнов,**

Высший химический  
колледж РАН

**С. Е. Сосонок,**

МГУ им. М. В. Ломоносова

**А. Г. Болесов,**

МГУ им. М. В. Ломоносова

**А. В. Куракин,**

ChemBridge Corporation

**Победителей ожидают призы:**

*первый приз*

**10 тыс. руб.,**

*два вторых приза по*

**5 тыс. руб.,**

*Специальный приз*

**5 тыс. руб.**

*лучшему среди участвующих в  
олимпиаде повторно.*

*Регистрационная форма и задачи  
для разминки будут опубликованы  
на сайте [www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru),  
а также в журнале  
«Химия и жизнь-XXI век» (№1, 2006 г.)*

*Иногородним участникам олимпиады, приславшим тезисы  
конференции «Ломоносов-2006», МГУ им. М. В. Ломоносова будет  
предоставлять бесплатное общежитие.*

*Первым пяти, приславшим правильные решения разночных  
задач, а также участникам олимпиады, вошедшим в десятку  
сильнейших, Фирма компенсирует проезд в Москву (в обе стороны,  
исходя из стоимости плакартного билета).*

*В этом году ChemBridge Corporation дополнительно награждает  
4-х победителей олимпиады 100 % грантами на участие в  
международном симпозиуме, а лучшие 30 олимпиадцев смогут принять  
участие в симпозиуме на льготных условиях.*

*Международный симпозиум*

*“Advanced Science  
in Organic Chemistry”*

*Крым*

*26–30 июня, 2006 г.*

**ASOC**

**CRIMEA 06**

**Мы ждем вас!  
Приходите и побеждайте!**

[www.chembridge.ru](http://www.chembridge.ru)  
[olympiada@chembridge.ru](mailto:olympiada@chembridge.ru)

*г. Москва, ул. М. Пироговская, д. 1  
Тел.: (495) 775-06-54 доб. 12-01, 12-19  
Факс: (495) 956-49-48*





# современные ПОЛИМЕРНЫЕ материалы

международная  
специализированная  
выставка

#### Организаторы:

- Российская академия наук
- Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
- Российский союз химиков
- Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
- Закрытое акционерное общество «Роснефть»
- Закрытое акционерное общество «Экспо-Биоим-Технологии»

#### В рамках выставки состоятся:

- международная научно-практическая конференция «Полимерные материалы XXI века в действии»

#### Тематика конференции:

- новые направления в синтезе и исследовании полимерных материалов
- тенденции развития в области производства каучуков
- термостабильности в автомобилестроении
- полимерные материалы для ремонта техники и оборудования (в т.ч. клеи и герметики)
- интеллектуальные присадки для полимеров
- новые перспективные технологии в производстве химических волокон и лакокрасочных материалов
- конкурсы на лучшую экологичную продукцию
- презентации фирм

#### Тематика выставки:

- Синтетические полимеры и сырье
- Полимерные композиционные материалы, в том числе армированные химическими волокнами
- Синтетические каучуки
- Стеклопластики
- Клеи, герметики, компаунды
- Интеллектуальные присадки для полимеров
- Химические волокна и нити
- Биоразлагающиеся полимеры
- Лаки и лакокрасочные материалы
- Технологическое и вспомогательное оборудование для производства полимеров и их переработки
- Автоматизация производства, Системы контроля
- Информационное обеспечение
- Лабораторное и аналитическое оборудование и приборы
- Суперконцентраты
- Стабилизаторы, компоненты, катализаторы
- Полимерные упаковки промышленного назначения
- Композиционные наноматериалы
- Проектирование химических предприятий, складов
- Утилизация отходов полимерного производства

**13-16  
июня  
2006**

СК «Олимпийский»  
Москва

#### Контактная информация:

ЗАО «Экспо-Биоим-Технологии»  
117219 Москва, ул. Б. Черемушкинская, 34, оф. 552  
Т/факс: (095) 933 9051, 933 9054  
E-mail: alexshnikov@mitcse.ru  
bondar@mos.ru  
expo@expobiochim.ru  
[www.expobiochim.ru](http://www.expobiochim.ru)



## LG Chem

### is looking for Researchers to work in Korea

#### IF YOU ARE A SPECIALIST IN:

- Organic Synthesis
- Inorganic Chemistry
- Physical Chemistry
- Analytical Chemistry
- Electrochemistry
- Nano Composites & Materials
- Display Device Materials

- OLED
- Physics/Photophysics
- Optics
- Material Science
- Polymer Processing
- Polymer Physics
- Chemical Process

- Catalysis
- Computer-Aid Engineering
- Electrics & Electronics
- Mechanical Engineering
- Environmental (Oxidation)
- Biomaterials
- and other areas of Chemistry and Physics,

#### PLEASE, SEND US YOUR DETAILED CV IN ENGLISH

Conditions: at least 1-year contract with LG Chem Research Park, competitive salary, accommodation, paid vacations, perfect working environment for foreigners, etc.



Contacts in Moscow: LG Chem Moscow Information and Technology Center (MITC)  
Maria Yelgaeva (yelgaeva@lgchem.com). Phone (095)258-23-35 ext 200, fax (095) 258-23-40

[www.lgchem.com](http://www.lgchem.com)



# Белый аист в Подмоскowie

*Белый аист — птица легко узнаваемая. Длинношеяя, с длинными красными ногами и клювом, с черной окантовкой белоснежных крыльев, она ассоциируется у нас с Прибалтикой, Украиной, Западной Европой. Да и те, кому доводилось бывать в Средней Азии, тоже наверняка вспоминают гнезда аистов на куполах и минаретах средневековых сооружений Бухары и Самарканда.*

*Многие москвичи и жители Подмоскowie даже не подозревают о том, что с недавних пор аисты стали нашими соседями. А между тем в этом можно убедиться собственными глазами, если совершить небольшое путешествие на электричке с Белорусского или Рижского вокзала.*

## Шаг вперед, полшага назад

С первой половины до середины XIX века белый аист в Подмоскowie почти не встречался, натуралисты описывали его как редкого случайного гостя этих краев. Не было аистов и в других среднерусских губерниях, в том числе лежащих западнее Московской. Однако в конце XIX столетия эти обитатели Западной и Центральной Европы стали посещать территории, лежащие к востоку от их ареала, заметно чаще, чем раньше, а в 1889–1891 годах, по сведениям профессора Московского университета Н.Ю.Зографа, они даже гнездились в Подольском уезде Мос-

ковской губернии. Видимо, это «нашествие» белых аистов можно считать первой волной их расселения, результатом которой стало некоторое расширение ареала на восток. Однако закрепиться в Подмоскowie аисту в ту пору не удалось.

В первой половине XX века все вернулось на круги своя, и большинство зоологов снова рассматривали белого аиста только в качестве редкого залетного вида Подмоскowie. Несмотря на то что орнитологические исследования становились все масштабнее, очень редкие, случайные появления аистов регистрировали в наших краях далеко не каждый год. Интересно, что особенно часто это случилось в 1914–1916 и в 1941–1945 годах, — видимо, причиной были военные действия в Европе. Мирные птицы





Фото М. В. Калякина



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

летели искать спасения в Центральной России, но при этом хранили верность родине: гнездиться вдали от нее они, как правило, не пытались.

Первые попытки гнездования, приуроченные ко второй волне расширения ареала, были зарегистрированы в Московской области с конца 1960-х годов — в Волоколамском, с начала 1970-х годов — в Можайском и Луховицком районах. К концу 1970 — началу 1980-х годов гнезда белых аистов появились в Талдомском и Лотошинском районах. И все-таки, несмотря на широкий географический охват территории, общее число гнезд не превышало тогда десяти, может быть, пятнадцати на всю область. Неудивительно, что многолетнее гнездовье белого аиста в деревне Высочки Лотошинского района даже объявили государственным памятником природы — первым среди подобных объектов.

Дальше — больше. В конце 1980-х годов птиц стали регистрировать ежегодно, а число гнезд к середине 1990-х годов приблизилось к тридцати. Орнитологи уже не успевали проверять все сообщения о новых гнездовьях аистов, обследовать новые территории. Заговорили даже о процессе насыщения гнездовыми парами западных районов области: Лотошинского, Волоколамско-

го, Шаховского, Можайского, отчасти — Рузского и Наро-Фоминского. Правда, на остальной территории Подмосковья аисты гнездились нерегулярно, единичными парами и только в нескольких давно облюбованных точках.

### Куда добрались аисты

В последнее десятилетие, судя по данным учета, выполненного в 2004 году, расселение белого аиста продолжается. На территории Московской области удалось выявить уже 75 гнезд, а реальное их число, скорее всего, даже несколько больше, ведь мало того, что часть информации до орнитологов просто не доходит, — проверка уже имеющихся сообщений отнимает немало времени и сил. А до тех пор, пока специалисты не убедятся во всем лично, список зарегистрированных гнезд они пополнять не спешат.

Как и в прежние годы, 95% всех найденных гнезд оказались сосредоточены в перечисленных выше западных районах. Однако кроме них в 2004 году собственными аистами могли похвастаться и жители Клинского (два многолетних гнезда в северо-западной и северной частях), Сергиево-Посадского (одно многолетнее гнездо в северо-западной части) и Серебряно-Прудского (недавно построенное гнездо в северо-западной части) районов. А вот в традиционные места размножения на юге Талдомского (Нушполы) и на юго-востоке Луховицкого (Дединово, Любичи) районов в 2004 году аисты почему-то не прилетели.

Если отметить на карте все точки, где обнаружены гнезда, получается очень наглядная картина: граница гнездового ареала белого аиста проходит по территории Подмосковья, отсекая его западные районы от остальной части области. При этом в Рузском районе аисты освоили, по-видимому, только его самую западную окраину, а Наро-Фоминский оказался поделенным на две части: западную, вокруг Вереи, где аисты есть, и восточную, вокруг Наро-Фоминска, где их пока нет.

Но птицы есть птицы, и границы для них — понятие условное. Единичные случаи гнездования белого аиста за-

регистрированы в последние годы не только в Западном Подмоскowie, но и гораздо восточнее. Его гнезда найдены близ города Мышкина и в поселке Нагорье Ярославской области, в деревне Тюрвищи Гусь-Хрустального района Владимирской области, в деревне Княгинино к югу от Коврова, на заброшенной колокольне в Шувее Ивановской области, в Починковском, Спасском, Тоншаевском районах Нижегородской области и даже в Пижанском районе Кировской области. Проводить границу устойчивого гнездового ареала вида по этим находкам пока, разумеется, нельзя, но они говорят о том, что потенциал европейской популяции белого аиста в отношении расширения ареала пока не угас и он все еще продвигается на восток.

### Причины и следствия

Когда в природе что-то меняется, всегда хочется понять причины, которые вызвали перемены. И хотя полной ясности в отношении причин расселения белого аиста у нас пока нет, специалисты обратили внимание на два обстоятельства. Первое — начало упадка сельскохозяйственного производства в Российском Черноземье совпало по времени с его крайней интенсификацией в Западной Европе. Второе — появление любопытной адаптации у самих птиц: им неожиданно понравилось устраивать гнезда на водонапорных башнях.

Интенсификация сельского хозяйства всегда связана с более полным использованием посевных площадей, мелиорацией, применением современной техники, удобрений, гербицидов, ядохимикатов. А это означает, что лягушек, мышей, полевков, крупных насекомых и прочей мелкой живности, которой питаются аисты, становится все меньше и птицы просто вынуждены перебираться с насиженных мест туда, где им есть чем поживиться.

В то же время ни для кого не секрет, что в последние десятилетия во многих местах Средней России сельское хозяйство пришло в упадок. Многие угодья заболачиваются, зарастают, техника стареет, а удобрения и пестициды стали для большинства хо-

Фото М. В. Калякина





зайств непозволительной роскошью. Но то, что плохо для человека, иногда оказывается благом для природы. Возможно, аисты оценили благоприятную обстановку на восточной окраине ареала и потянулись туда, где можно выкормить птенцов без особых усилий.

Правда, людей подмосковные аисты пока побаиваются, — увы, на новой родине их не всегда встречали доброжелательно. Были случаи, когда взрослых птиц преднамеренно отстреливали, а их гнезда разрушали. Натуралист Ю.А.Новиков описал, к примеру, как одно из первых гнезд на севере Подмоскovie, в селе Нушполы Талдомского района, сбросила на землю бдительная сторожиха местной школы. И хотя ученики пытались протестовать, это, к сожалению, не помогло.

Появление в селах незнакомых птиц рождает порой самые нелепые слухи. Можно услышать, например, что аист — это «ненормальный, взбесившийся журавль», который гоняет кур и ловит цыплят, хотя любому биологу или просто натуралисту хорошо известно, что домашней птицей аисты не интересуются. Даже там, где белые аисты гнездятся уже много лет и успели доказать, что никакого ущерба людям от них нет, услышишь порой: «Да ну их, надоели, летают туда-сюда! Какая от них польза?!» (деревня Холмец Шаховского района).

Впрочем, птицам удалось найти выход из положения: примерно 90% своих гнезд они устраивают на водонапорных башнях. Эти сооружения будто специально созданы для аистов: нередко они стоят на территории, куда не пускают кого попало, да и крыши у водонапорных башен зачастую плоские. А вот старые, заброшенные колокольни и церкви, деревья с засохшими вершинами, опоры ЛЭП, а также искусственные гнездовые платформы аистов привлекают сейчас гораздо меньше.

## Кто они такие?

Прилетают аисты в наши края довольно рано: в конце марта — начале апреля. Это и понятно: как раз в это время появляются первые лягушки и ужи, вытаскивают из-под снега гнезда мышей и прочих грызунов. Вскорости птицы начинают ремонтировать свои дома. Многолетние постройки аистов весьма внушительны: каждый год птицы добавляют в них сухие веточки, которые усердно собирают с земли. По размерам гнезда можно примерно оценить его возраст.

Аисты живут парами, но супружескую верность блюдают далеко не всегда. В первую очередь эти птицы привязаны к гнезду, в котором живут, и

только потом к партнеру. Нередко, когда на одно гнездо прилетает несколько самок, между ними разыгрываются баталии, на которые самец (если он один) смотрит почти безучастно: ему словно все равно, которая из них возьмет верх и станет его подругой в этом году. Верно и обратное: исчезновение или гибель самца озадачивает самку ненадолго и она быстро приводит к гнезду другого партнера. Известен случай, когда самец-старожил, которому люди оказывали ветеринарную помощь, вернулся к своему гнезду, но проиграл борьбу за самку сменившему его самозванцу.

Впрочем, в течение месяца все семейные неурядицы заканчиваются, и в конце апреля — начале мая в гнездах подмосковных аистов появляются кладки яиц. Насиживает в основном самка. В течение 32–38 суток она практически не покидает свой пост: кормит ее в это время самец. Птенцы вылупляются в июне, и родители возятся с ними около двух месяцев, пока те не встанут на крыло, не научатся искать пропитание сами. Однако даже вполне окрепшие, самостоятельные молодые птицы нередко навещают родное гнездо, а то и живут с родителями до отлета, который происходит в начале сентября. К этому моменту их можно отличить от родителей только по черной окраске клюва — оперение у молодых аистов окрашено так же, как у взрослых птиц.

Интересно, что белый аист — одна из немногих птиц, не способных к голосовой коммуникации. Птенцы в гнезде могут издавать звуки, напоминающие тихий писк и верещание, но по мере взросления голос у них пропадает. Для общения остаются лишь экспрессивные позы и разнообразные «трещотки» — стук клювом.

Белый аист прилетает рано, и не все знают, что он относится к дальним мигрантам. Эти птицы зимуют далеко от нас, в Экваториальной и Южной Африке. Летят они туда из Европы двумя потоками, огибая Средиземное море (через Гибралтар или побережье Малой Азии) и Сахару (вдоль Атлантического побережья или Нильской долины). Таким образом, сюжет известного фильма Ж.Перрена «Птицы» об аистах, остановившихся на отдых в сахарском оазисе, можно считать достаточно правдивым. Аисты из восточной части ареала, в том числе и подмосковные, вливаются, скорее всего, в восточный, малоазиатско-нильский пролетный поток.

Хорошо известно, что в местах зимовок перелетные птицы потомством не обзаводятся. А потому тем более интересно, что в XX веке, после формирования в Южной Африке агроландшафтов европейского типа, некоторые

молодые птицы стали предпринимать попытки гнездиться там, не возвращаясь на свою европейскую родину. Хотя устойчивым это явление так до сих пор и не стало, оно служит примером высокой пластичности миграционного поведения белых аистов, способных быстро менять вековые стереотипы, если обнаружится, что условия среды позволяют им жить на новом месте. Таким образом, совсем не исключено, что преобразование людьми поверхности нашей планеты совершенно изменит распределение белых аистов по земному шару и в будущем оно станет совсем иным, нежели то, к которому мы привыкли. И тогда освоение этими птицами Подмоскovie покажется всего лишь маленьким шагом на пути перемен, но зато этот шаг доступен непосредственному наблюдению.

## Аист на крыше

А не хотите ли и Вы, читатель, попробовать привлечь аистов в свою деревню или дачный поселок?

Для этого прежде всего поинтересуйтесь, есть ли поблизости водонапорные башни. Лучше всего подходят старые, заброшенные сооружения средней высоты, построенные в 1960–1970-е годы. Их плоская крыша без ограды и торчащих в центре антенн или шпилей — идеальное место для устройства гнездовья. Даже если крыша не совсем плоская, надежно укрепленная на ней автомобильная или тракторная покрывка диаметром 1–1,5 метра послужит хорошей основой для искусственного гнезда. Впрочем, можно использовать и другие подручные средства: легкую борону, вышедшую из строя, тележное или велосипедное колесо.

Значительно больших усилий потребует установка гнездовой платформы на дереве. Изготавливая ее, нужно помнить, что аисты нуждаются в хорошем обзоре и удобном подлете к своему будущему жилищу. И конечно, еще до начала строительных работ постарайтесь прикинуть, подходят ли для жизни аистов окрестности выбранного вами места. Птиц вряд ли заинтересует сплошной лесной массив или совершенно голый участок. Больше всего им нравятся такие места, где есть речушки и ручьи, мелкие водоемы со слабо заросшими берегами, небольшие болотца, влажный луг.

Для гнездовой платформы лучше выбрать одиноко стоящее высокое дерево с толстым стволом и устроить платформу у его вершины, хотя иногда для этой цели может подойти и основание толстой боковой ветви. Порода дерева не имеет значения для

птиц, но все-таки лучше не устанавливать платформы на крупных ивах (ветлах, ракитах). Их хрупкие ветки слабоваты для тяжелой конструкции, да к тому же вторичные побеги могут прорасти сквозь платформу, после чего она станет непригодной для гнездования.

Вершину дерева, на котором установлена платформа, следует спилить или хотя бы проредить так, чтобы ее ветки не нависали над будущим гнездом. Если дерево заканчивается на верхушке разветвлением из нескольких веток, можно обрезать их недалеко от развилки. Отпиленные куски ветвей длиной около метра прибивают горизонтально к местам спилов, и они образуют раму. На нее можно набить доски или ветки, которые и послужат опорой для гнезда (рис. 1).

Основу платформы лучше делать в виде дощатого настила шириной (или диаметром) не менее метра. Он должен быть достаточно прочным и выдерживать вес человека и в то же время труднодоступным для ребятни, склонной использовать такие платформы в качестве наблюдательных вышек. Поверхность настила надо сделать неровной, а по краям желательнее набить большие гвозди, планки, колышки, чтобы птицам было легче закреплять вет-

ки при постройке гнезда. Подойдет также тележное или велосипедное колесо, укрепленное на дереве (рис. 2).

Искусственные гнезда можно устраивать и на верхушках столбов, надежно вкопанных в землю. Только не привлекайте птиц на действующие опоры электролиний! Иногда аисты сами пытаются гнездиться там, но их птенцы нередко погибают в проводах ЛЭП при коротком замыкании, которое они вызывают неумелыми еще взмахами крыльев во время предполетных тренировок. Такой печальный случай произошел, например, в селе Дор Шаховского района.

А вот на вершине высокого столба, вкопанного специально, вполне можно устроить плоскую конструкцию из досок (рис. 3) или, при наличии сварочного аппарата, изготовить из толстой проволоки чашеобразную основу гнезда и затем надеть ее на вершину столба (рис. 4). Устраивать гнездовые платформы на крышах домов в нашей местности практически бесполезно. Хотя в Западной Европе и Средней Азии белые аисты предпочитают именно крыши, в Подмосковье они ведут себя намного осторожнее и пока еще считают их опасными.

Поскольку аисты охотнее занимают старые гнезда, чем строят новые,



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

иногда бывает полезно симитировать на помосте уже готовое гнездо: положить слой сухих веток (толщиной 20–30 см), посередине — немного соломы, сухого коровьего или конского навоза. Можно укрепить на гнездовой платформе несколько вязанок хвороста, но при этом нельзя использовать грубую проволоку, о которую птицы могут поранить ноги. Чтобы строение еще больше походило на старое, покрытое пометом гнездо, обрызгайте его по краям известкой.

Привлечь белых аистов на искусственные гнездовья легче, когда поблизости уже есть гнезда этих птиц. Если корма в окрестностях деревни много, в ней может поселиться не одна, а несколько пар. В Брянской области один из авторов видел небольшую, частично разрушенную церковь, на которой оказалось сразу четыре жилых гнезда — на центральном барабане и на трех угловых главках. В Московской области аистов пока не так много. Только в двух поселках нам известно по два жилых гнезда, причем как в Ханеве (северо-запад Волоколамского района), так и в Юрлове (юг Можайского района) расстояние между ними составляет не менее пятисот метров. При этом в Юрлове аисты соорудили новое гнездо на квадратном помосте, который устроил хозяин приусадебного участка на засохшем дереве высотой около десяти метров.

Так что, если вам по душе соседство больших птиц, олицетворяющих собой мир и спокойствие, — дерзайте! Может быть, с вашей помощью аисты почувствуют себя в наших краях более уверенно.

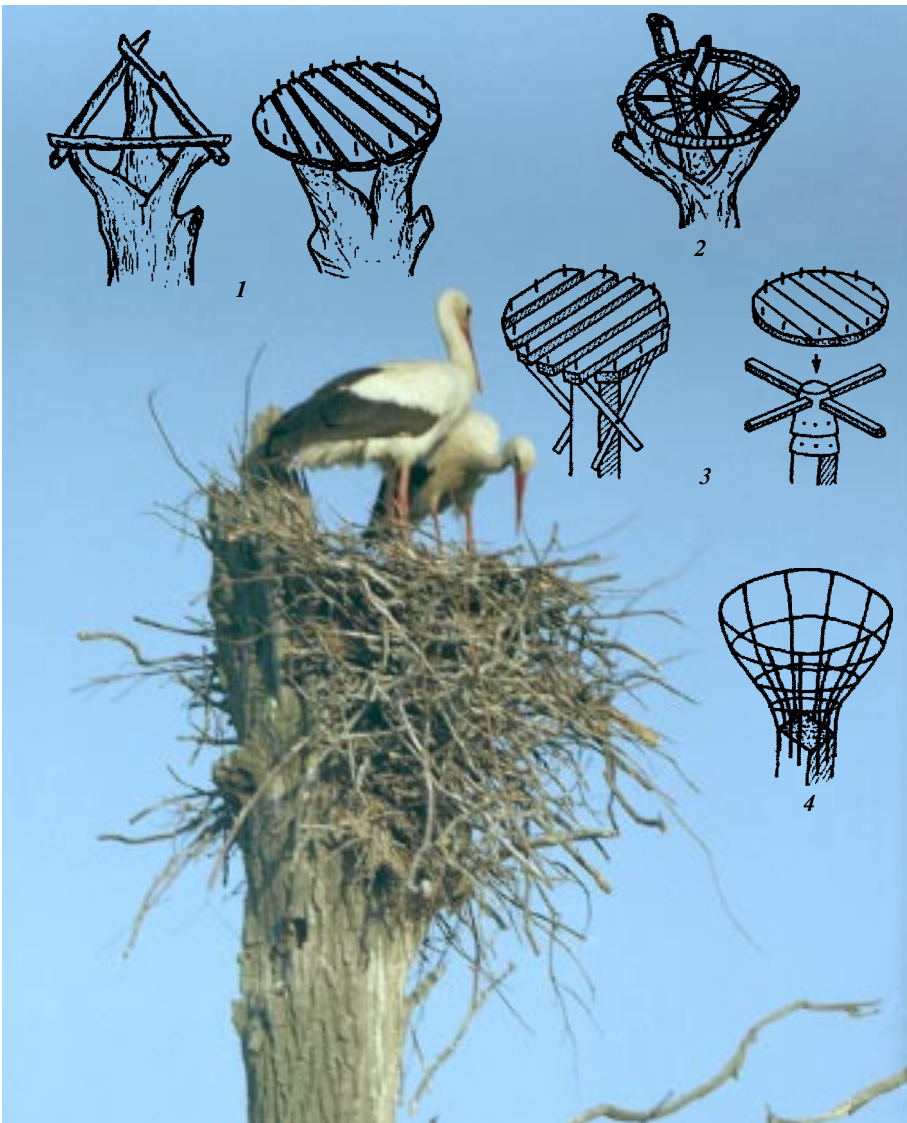
### Дорогие друзья!

Если Вам известны гнезда белых аистов на территории России, сообщите, пожалуйста, специалистам о местонахождении гнезда, времени прилета и отлета птиц, количестве птенцов в последние годы, а также о том, как относятся к аистам местные жители. Ждем Ваших сообщений по адресу:

125 009 Москва, ул. Большая Никитская, д.6, отдел орнитологии Зоологического музея МГУ, М.В. Калякину или по электронной почте: [kalyakin@zmmu.msu.ru](mailto:kalyakin@zmmu.msu.ru)



Фото В.А. Никулина





Издательство  
"ПРОФЕССИОНАЛ"

Санкт-Петербург, т/ф: (812) 6013248  
6013249, [www.naukaspb.ru](http://www.naukaspb.ru)

# Серия Профессионал - прыжок через невозможное!





# ИОН-ДРЕЙФОВЫЙ ГАЗСИГНАЛИЗАТОР ИДГ-010

Ион-дрейфовый газосигнализатор ИДГ-010 предназначен для определения и идентификации большого числа вредных веществ в воздухе, в том числе сильнодействующих ядовитых, отравляющих и наркотических веществ. Основным достоинством метода ион-дрейфовой спектрометрии, используемого в приборе, является **высокая избирательность** обнаружения веществ, что позволяет проводить определение в широком диапазоне концентраций. Значение величины порога обнаружения обусловлено химической природой определяемого вещества, составом анализируемого воздуха и сопутствующих примесей. Для многих веществ эти значения находятся на уровне ПДК атмосферы и ПДК воздуха рабочей зоны.

## Передача информации

осуществляется по каналам телефонной мобильной связи, "blue tooth", ИК-порт

## Время обнаружения

при концентрациях на уровне порогов чувствительности **не более 120с**  
При концентрациях в 10 раз и более превышающих значения порогов чувствительности **не более 30с**

## Масса прибора

в едином корпусе с переносным промышленным компьютером фирмы "GETAC" **не более 4,5 кг**

## Напряжение

Питание от сети	<b>220В</b>
Питание от бортовой сети	<b>12В</b>
Питание от батареи ноутбука	<b>12В</b>

время работы в автономном режиме **не менее 4 час**



Проверка и ремонт осуществляются предприятием-изготовителем

Гарантийные обязательства **36 месяцев**

## Срок службы

**не менее 5 лет**

Прибор оснащен внутренними датчиками для определения работоспособности как отдельных узлов, так и источника высоковольтного питания, клапанной системы, поглотительного патрона. Прибор оснащен датчиками температуры, влажности и давления, что позволяет нормировать получаемые спектральные характеристики относительно эталонных значений. Программное обеспечение позволяет оперативно накапливать базу данных обнаруживаемых веществ, что расширяет аналитические возможности прибора, и делает его незаменимым в сложных ситуациях анализа и контроля воздуха.

## Научно-производственная фирма "СЕРВЭК"

190020, С-Петербург, ул. Бумажная, д. 17  
Тел.: (812) 786-40-44, 786-54-86, 252-76-63  
Факс: (812) 252-76-63, 786-54-86  
[www.servek.spb.ru](http://www.servek.spb.ru)  
e-mail: [info@servek.spb.ru](mailto:info@servek.spb.ru)

## Внимание заинтересованных лиц!

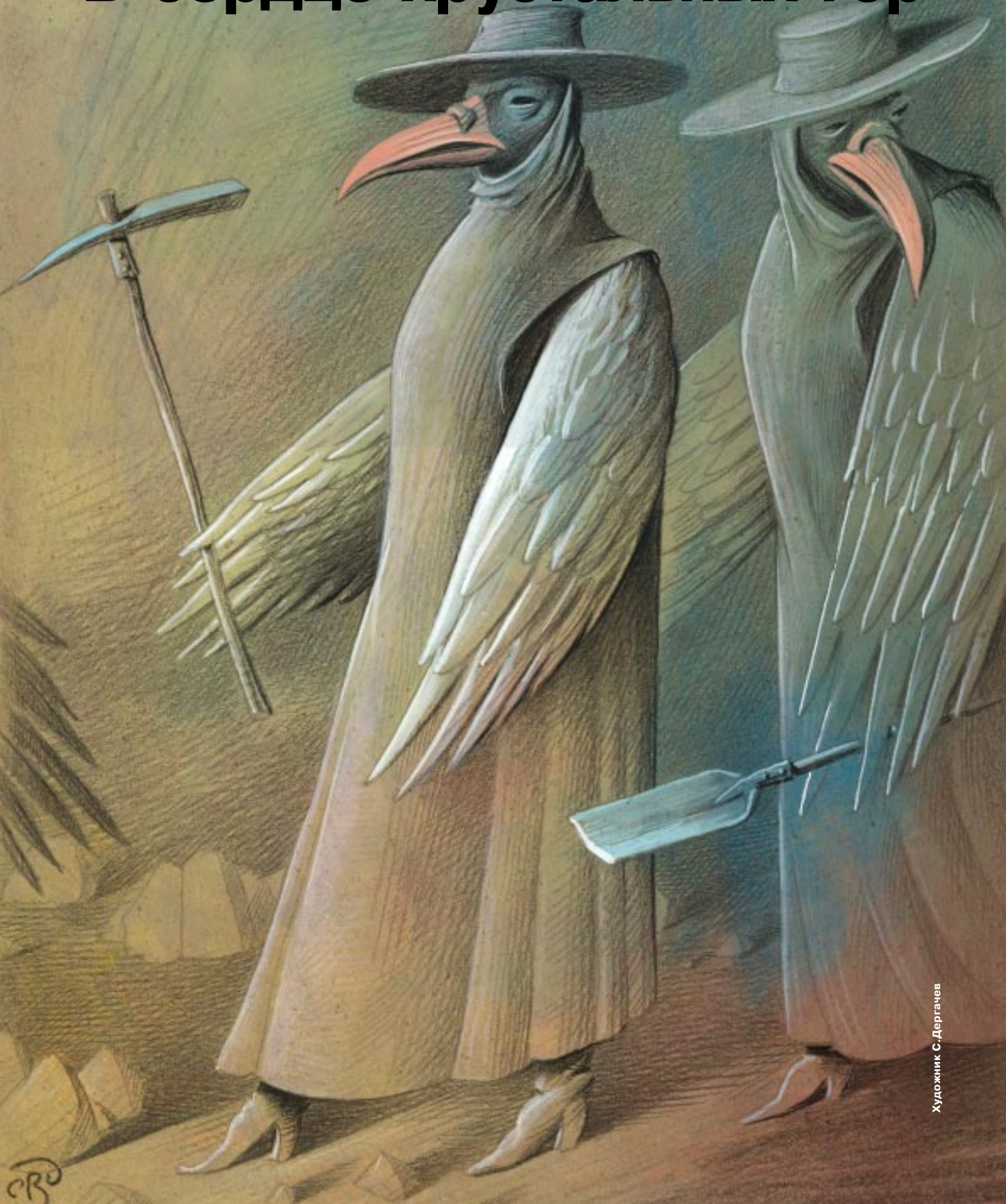
Проводятся практические семинары по обучению для пользователей ИДГ-010.

Контактный телефон (812) 252-76-63



Константин Ситников

# В сердце хрустальных гор



Художник С.Дергачев

CRD



# 1

Натянув шорты, зевая и почесываясь, я поднялся на палубу.

Солнце оторвалось от прибрежных мангровых зарослей, легкое облачко словно приклеилось к нему, поверхность океана была серой, стального оттенка, с неожиданно глубокими золотисто-салатными провалами.

Мы стояли на якоре в Гвинейском заливе. Слева виднелась бухта Габон с оседлавшим ее Либревилем, за ним возвышались голубоватые в утренней дымке Хрустальные горы, а еще дальше лежал невидимый отсюда Камерун.

На палубе появился доктор, тоже в шортах, но ниже колен, яркой гавайской рубашке навывпуск и большой белой панаме, из-под которой торчал горбатый нос. Доктор был специалистом по библейским языкам и уже несколько лет находился с миссией в странах Западной Африки.

Я торопливо провел ладонями по голове, чтобы привести в порядок рыжую шевелюру. Хмуро взглянув на меня, доктор отправился на бак, где валялось водолазное снаряжение. Он давно перестал здороваться со мной по утрам. Меня он нанял, чтобы нырять с аквалангом на дно шельфа. Мы медленно шли вдоль всего габонского побережья с юга на север, и по несколько раз на дню я совершал погружения и обшаривал подводные заросли.

— Опять вы не заправили аварийный баллон, — проворчал доктор.

Я только вздохнул.

— Сколько раз я вам говорил, чтобы вы с вечера заправляли оба баллона, — продолжал отчитывать меня доктор, пока я торопливо натягивал гидрокостюм. — Однажды вы горько заплатите за свое разгильдяйство. — Он замолчал и, не скрывая раздражения, принялся помогать мне с аквалангом.

Перед погружением не принято говорить под руку. Сердито посопев, доктор пожелал мне удачи. Надев маску, я перелез через борт и соскользнул в воду.

И вот я под водой. Мир сразу меняется вокруг. Все становится преувеличенным и неясным. Это — мой мир. Только здесь я чувствую себя свободным. Здесь нет доктора с его брюзжанием, здесь нет портовой полиции, здесь нет почти никаких ограничений. Я могу двигаться в любом направлении. Могу повернуть направо вслед за стайкой забавных рыбешек. Могу взлететь вверх к зеленоватой поверхности. Но сейчас мне нужно вниз. Я с силой отталкиваюсь ластами и ухожу в глубину.

Вообще-то доктор — неплохой дядька, только с причудами. Как-то приятель привез ему из Габона обломок раковины, неизвестной науке, — вот с нее все и началось. Что-то было в ней такое особенное — хотя, убей, не пойму что: обыкновенный костяной конус с узорами. Доктор сумел убедить нескольких толстосумов раскошелиться на морскую экспедицию; в Либревиле он нанял меня, посулив пятьдесят долларов в день и еще двести за каждую найденную раковину, а мне только того и надо было, поскольку портовые кабаки уже надоели до чертиков...

Еще вчера я заприметил подводную скалу — не мешало бы теперь ее осмотреть. Ее неровная вершина появилась из желтоватого тумана. Я спустился пониже и начал методический поиск. Глубина десять метров, двадцать. Цепочки пузырьрей уходят вверх...

Тут иногда совсем забываешь о времени. Глянув на глубиномер, я с удивлением увидел, что он показывает почти тридцать. А дна все не видно. Тридцать метров — это немало. У меня кружится голова, стучит в висках.

Кислород в первом баллоне заканчивается, я переключаюсь на второй, делаю еще один рывок, впереди уже смутно маячит

песчаное дно. Чувствую, как возвращаются силы. Запас воздуха пока достаточный — вполне хватит и на обследование дна, и на спокойную декомпрессию. Бегло осматриваю основание скалы и тут вижу небольшой песчаный бугорок. Я уже догадываюсь, что это. Сердце бьется сильными, торопливыми толчками...

Я не ошибся. Это верхушка конусовидной раковины. Моллюск дохлый, и особой возни с ним не предвидится. Выкопать конус из песка, сунуть в прицепленную к поясу прорезиненную сумку, затянуть ремешок. Дела на один цент. И тут... я начинаю задыхаться. Хватаю ртом воздух. Воздух, которого нет...

Растяпа! Как я мог забыть, что второй баллон пуст?

# 2

— Айвэн! Очнитесь, Айвэн! Да очнитесь же!

Кто-то немилосердно тряс меня за плечо. Я с трудом разлепил веки и увидел над собой горбатый нос и черные глаза доктора.

— Ну наконец-то! Как вы себя чувствуете?

— Где я?

— Не радуйтесь, не в раю. В своей каюте. — Доктор помог мне приподняться, и я убедился, что это так. — Помните, что с вами случилось?

Я попытался припомнить. Погружение, подводная скала, в аварийном баллоне кончился кислород, причем как-то слишком внезапно... ах да, я же сам поленился подзаправить его! Глупо... Но было что-то еще, что-то важное. Что?

От напряжения у меня заболела голова, в глазах потемнело.

— Это последствия кессонной болезни, — донесся голос доктора. — Ничего, скоро пройдет. Вот, возьмите грелку, вам сразу станет легче.

Однако легче стало только вечером, поскольку еще несколько часов ныли все мышцы и суставы, а зуд под кожей был просто нестерпимым.

— Айвэн, я не стану отчитывать вас за разгильдяйство, — сказал доктор. — Впредь будьте осмотрительней. Вы помните это? — И он протянул мне костяной конус. Тот самый, из-за которого я чуть не отдал концы.

— Еще бы не помнить! — вздохнул я, разглядывая узор на раковине. — Она едва не стоила мне жизни.

— Вскоре вы забудете об этом маленьком неприятном происшествии. Помните, я обещал вам по двести долларов за каждый найденный экземпляр?

— Надеюсь, вы не собираетесь лишиться меня гонорара?

— Ни в коем случае. Напротив, в дальнейшем я собираюсь повысить его до трехсот долларов. Но вы должны найти для меня еще один экземпляр. По крайней мере, еще один! Это абсолютно необходимо. Так что выздоравливайте скорее — и за работу.

# 3

Однако следующей удачи нам пришлось ждать долго. Я совершил несколько погружений в том же месте, но безрезультатно. Доктор твердил, что ему совершенно необходимо выловить еще одну такую раковину, и не хотел покидать этого места, пока я не обшарю каждый уголок шельфа. Я нырял, но с каждым днем все больше убеждался в том, что мы только даром теряем время...

В тот вечер меня разбудили громкое лopotание и голос доктора. С кем он там мог разговаривать, я понятия не имел, но разговаривали они долго — не то спорили о чем-то, не то тор-



говались. Я перевернулся на другой бок и закрыл голову подушкой. Но и это не помогло. Поняв, что мне не уснуть, я поднялся на палубу.

По левому борту — длинная пирога, в которой стоял абориген, если не ошибаюсь, из племени мпонгве. Абориген в европейских шортах. Жилистый старик с черным курчавым волосом на морщинистой голове и седыми космами на плоской груди. В космах что-то темнело, но что именно, разглядеть было невозможно, поскольку солнце слепило мне глаза. В пироге грудой навалены кокосовые орехи, там же — плетеная корзина со свежей рыбой, несколько связок побегов бамбука. Размахивая длинными руками, старик высоким голосом предлагал товар доктору; доктор что-то отвечал ему на языке банту; тот внимательно выслушивал его, а потом снова начинал лопотать и размахивать руками.

— До чего утомительны эти аборигены, — пожаловался доктор, увидев, что я поднялся на палубу. — Битый час толковываю ему, что не нуждаюсь в его товаре, а он опять за свое!

— А вы у него купите хоть что-нибудь, — посоветовал я.

— Я бы так и сделал, только боюсь, что тогда он вообще нас в покое не оставит.

Тут на солнце набежало низкое кучевое облачко, и я схватил доктора за руку:

— Смотрите, док!

Теперь, когда солнце не слепило глаза, я увидел, что на груди у старика висит большой костяной конус. Очень похожий на нашу раковину. Доктор так и впился в него глазами.

— Эй, милейший, — закричал я, махая рукой, чтобы привлечь внимание старика, — не соблаговолите ли вы подняться к нам на борт и удовлетворить наше любопытство по поводу одной вещицы, обладателем которой вы являетесь?

Не уверен, что я выразил свое пожелание именно в этих словах, однако его смысл был приблизительно таков.

Старик уставился на меня круглыми, немигающими, как у ящерицы, глазами, а потом перевел вопросительный взгляд на доктора. Я подтолкнул последнего локтем в бок, и он, наконец выйдя из ступора, повторил мой спич на языке банту. Результат не замедлил сказаться: старик страшно оживился, подгрел к самому борту и уцепился за поручень трапа; не иначе, решил, что мы заинтересовались его товаром. Ловко, по-обезьяньи, вскарабкался по перекладинам, и вот он уже стоит перед нами, скаля сточенные черные зубы и потирая темно-розовые ладони. Плоская грудь над выпуклым животом сплошь покрыта густыми белыми кудрями. Вот в этих кудрях и висел на шнурке «номер два».

Доктор, как сомнамбула, двинулся вперед, но я ухватил его за одежду на поясице и немного попридержал. Проявив явную заинтересованность в раковине, он мог испортить все дело. Я решил взять негоциацию в свои руки. С брезгливой гримасой оглядел сваленный на дне пироги товар и, ткнув пальцем в корзинку с рыбой, осведомился: «Хау мач?»

Старик показал мне два пальца. Пальцы у него были длинные и морщинистые. Я показал ему один палец. Он покачал головой. При этом с лица у него не сходила дурацкая улыбка в тридцать два черных пенька. Я в свою очередь тоже покачал головой и ткнул пальцем в кокосовый орех. Он показал один палец на одной руке и пять на другой. Дескать, один доллар за пять орехов. Но я и тут не растерялся и показал ему один палец на одной руке и два раза по пять на другой. Он опять покачал головой. Тогда я небрежно, как будто только сейчас ее увидел, ткнул пальцем в раковину на его груди и показал один палец.

Он тут же схватился за раковину обеими руками, затряс головой и быстро-быстро залопотал.

— Что он говорит? — спросил я у доктора вполголоса.

— Он говорит, что не может продать раковину.

— Что значит — не может?

— Это — мбеге. Священная реликвия всего племени. Он говорит, что она была выловлена еще его прадедом на этом самом шельфе. Она служит ему чем-то вроде амулета-оберега.

— И что, он не продаст ее даже за пять баксов?

— Боюсь, когда речь идет о мбеге, деньги для них не имеют никакой ценности.

— А это мы еще посмотрим, док, — сказал я.

У меня появилась одна мыслишка. Оставив доктора развлекать гостя, я спустился к себе. Под койкой у меня была спрятана заначка — пара бутылок виски. Чего только не сделаешь ради науки! Поэтому, обтерев бутылки от пыли носовым платком, я сунул их в карманы шорт и снова поднялся на палубу. Там продолжалась милая беседа, причем доктор просто глаз не отрывал от раковины.

Как я и рассчитывал, бутылки тут же привлекли внимание старика. Он тут же захлопнул рот и жадно уставился на них. Дело было верное.

— Намекните ему, док, что этот белый парень охотно расстанется с двумя бутылками чистого виски, если он, — указал я на старика, — перестанет цепляться за свою жалкую раковину, пусть даже она тысячу раз будет мбеге, и передаст ее вам в качестве вещественной благодарности.

Не знаю, точно ли доктор перевел мои слова, но они заставили старика подскочить на месте. С неожиданным проворством он прыгнул в пирогу, едва не перевернув ее, схватился за весла и что есть силы принялся грести к берегу. Я озадаченно посмотрел на доктора, который уже был готов наброситься на меня с кулаками. Но тут пирога остановилась и дала задний ход. Когда она поравнялась с нами, старик опять вскочил на ноги и, старательно не глядя на меня, принялся быстро-быстро лопотать. В ответ доктор только качал головой.

— Ну? — не выдержал я.

— Он предлагает весь свой товар за одну бутылку виски.

Что мне оставалось? Презрительно сплюнуть в воду. Это не нуждалось ни в каком переводе.

Тогда старик вдруг бросился ничком на дно пироги и пролежал так не менее четверти часа. Я уж было подумал, не умер ли он с горя. Но вот он поднялся, снял с шеи шнурок, на котором висела раковина, и, нацепив его на лопасть весла, протянул доктору. Доктор бережно принял раковину, затем надел на весло прорезиненную сумку, в которую я опустил обе бутылки. Получив желаемое, старик стремительно поплыл к берегу, как будто боялся передумать.

#### 4

Итак, раковины были у нас. Но что с того? Я по-прежнему терялся в догадках, зачем они понадобились доктору, специалисту по библейским языкам. Он уже битый час не выходил из каюты, где заперся со своими сокровищами. От нечего делать я болтался по палубе. Мы стояли у северной границы Габона, недалеко от берега. Даже отсюда было слышно, как пронзительно кричат в мангровых зарослях мандрилы. Либревиль остался далеко за кормой, прямо по курсу лежала Экваториальная Гвинея.

Доктор поднялся на палубу, когда солнце садилось за горизонт. Я и не услышал, как он подошел ко мне. Лицо у него было какое-то ошеломленное. Только сейчас я заметил, что глаза у него слегка косят.

Он жадно глотнул морского воздуха и уставился на возвышавшиеся над джунглями Хрустальные горы. Они уже начали

погружаться в глубокую синюю тень, но их вершины по-прежнему были словно отлиты из чистого золота.

— Странное это время суток — ранние сумерки, — произнес доктор. — Аборигены говорят, это время, когда на землю спускается бог. Один из тех черных смешных божков, которым они поклоняются. Но сейчас, в такую минуту, я готов поверить в эту легенду. Пойдемте, Айвэн, я хочу кое-что показать вам. Пойдемте скорее.

Мы спустились в капитанскую каюту. Доктор сразу направился к стеклянной витрине, где красовались раковины.

— Дорогой мой Айвэн, — торжественно заговорил он, — мы почти месяц охотились за этими редчайшими раковинами. И вот они в наших руках. Одну вы отыскали на дне шельфа в южной части залива, другую мы раздобыли сегодня благодаря вашей находчивости и жертве, которую вы принесли.

— Если вы имеете в виду те две бутылки виски, — заметил я, — то вы, верно, забыли, что в награду за них я положил в карман еще три сотни баксов, добавив их к тем двум, которые получил за номер первый.

— И вы наверняка спрашивали себя, — продолжал доктор, не обращая внимания на мою тираду, — для чего этому старому чудачку понадобились какие-то невзрачные раковины?

— Они вовсе не невзрачные, — возразил я из вежливости. — И узорчик на них очень даже ничего.

— Именно, Айвэн! И вот теперь вы приобщитесь к тайне, которая составила смысл моего существования с тех пор, как мне в руки попал обломок этой раковины.

— Вот этот? Что же в нем такого особенного, сэръ?



— Я тоже не видел в нем ничего особенного, пока однажды не пригляделся к нему получше. Мне показалось странным, что узор на этом обломке напоминает еврейские буквы. Вы же знаете, я занимаюсь библейскими языками. Так вот, эти раковины содержат надпись на языке Торы!

— Рассказывайте! — не поверил я. — Может, вы еще скажете, что прочитали ее?

Доктор кивнул, вновь торжественно:

— Именно так. Взгляните сами!

Он достал раковину и протянул ее мне. Она оказалась тяжелой и жирной на ощупь, как парафин. Это был конус с продольными складками и многочисленными поперечными рябинками. Желтовато-белый, цвета сгущенного молока, покрытый черным узором с синими, словно размытыми краями. Сейчас, при более внимательном осмотре, стало заметно, что в узоре встречаются еще и красные вкрапления.

— Так вы говорите, надпись на еврейском?

— На древнеарамейском, на языке Торы. Мой отец был раввином и каждый день заставлял меня читать Тору. Ох, и тяжелая у него была рука!

Я снова поглядел на раковину. Узор на ней располагался как бы в три ряда.

— Ничего не понимаю, — признался я. — Это действительно можно прочитать?

— Даже вы сможете это сделать.

— Шутите, док?

— Ничуть. Начните с какой-нибудь буквы. Да вот хотя бы с этой.

— И доктор провел указательным пальцем по закорючке в правом верхнем углу узора. — Этот значок, похожий на съезженную свастическую, — главная буква еврейского алфавита, «алеф». Попробуйте прочитать — с моей помощью, конечно, — какое-нибудь слово. Только учтите, что по-еврейски читать следует справа налево.



## ФАНТАСТИКА

— Почему?

— Такое правило. Ну, давайте начнем со второй «строки» и, как я сказал, справа. Что вы видите?

— Кофейник.

— Хм... Ну, пусть будет кофейник. Это буква «мем», а черточка под нею — знак «патах» — передает звук «а». Дальше!

— Загогулина какая-то, вроде ручки от кастрюли. — Наша игра стала захватывать меня.

— Это буква «ламед». Двоеточие внизу — знак «шева» — передает звук «е». Дальше!

— Дальше идет этот ваш «алеф», а в конце опять ручка, дверная.

— Это буква «мем», тоже со знаком «шева» слева. В итоге у нас получается слово... Ну, прочитайте по буквам.

— «М-а-л-е-д». «Малед». И что сие означает?

— По-еврейски это означает «ангел».

— Да ну? — не поверил я. — А другие закорючки тоже что-нибудь значат?

Доктор утвердительно кивнул.

— Что же?

— Вы не поверите.

— Да уж постараюсь.

— Говорю вам, вы не поверите. Я сам не поверил вначале. До сих пор как во сне живу.

И доктор с прежней торжественностью, которая так не вязалась с его мальчишескими шортами и легкомысленно-яркой гавайской рубашкой навыпуск, прочитал:

— «Аз есмь ангел, замурованный в толще скал».

## 5

— Кто знает, — говорил доктор, — в какие незапамятные времена это существо было низвергнуто на землю. Несомненно, оно обладает сверхъестественными способностями, иначе как бы оно сумело послать нам это сообщение на раковинах? И я уверен, оно зовет о помощи!

— Что же вы намерены предпринять, сэръ?

— Разумеется, найти его! Что же еще? Не для того же я потратил столько усилий, чтобы отступить сейчас, когда эти чудесные раковины у меня в руках. Я непременно отыщу его, и тогда...

— А как же я? Что будет со мной, сэръ?

Доктор потер подбородок рукой.

— Я как-то не подумал об этом, — пробормотал он. Но вдруг его осенила идея: — Вы отправитесь со мной... в горы! Это же так просто!

— В горы?

— Ну да, вы же слышали, ангел замурован в скалах.

— Но что я буду делать в горах, сэръ? Готовить вам кофе? — Я с сомнением покачал головой. — Вы, конечно, помогли мне там, в порту. Я благодарен вам, и все такое. Но... мне нужно подумать.

Я вышел на палубу. Солнце уже зашло за горизонт, воздух стал тусклым и прохладным. Вот и все, конец экспедиции. Чертовы раковины найдены, а значит, мне больше нечего делать в глубине. Я поглядел на водолазное снаряжение, сваленное на баке, и неожиданно в глазах у меня зашипало, как будто туда попала морская соль. Завтра я уже не буду натягивать на ноги ласты, и доктор не будет ворчать, что я не заправил аварийный баллон. Мне снова придется вернуться в грязный порт — к портовым жуликам и портовой полиции. Я чувствовал себя обманутым.

Но через минуту мои мысли потекли совсем в другом направлении. Ангел... это надо же! Какое преступление совершил он, чтобы его замуровали в толщу скал? Может, он такой же неудачник, как и я?

В капитанской каюте доктор уже собирал вещи для предстоящего путешествия.

— Постойте-ка, док, — сказал я прямо с порога. — Ну хорошо, допустим, вы правы и это призыв о помощи. Но как вы собираетесь разыскивать этого ангела? Не прочесывать же все горы! Это безнадежное дело. Выходит, рано сворачивать экспедицию?

Не знаю почему, но такой поворот дела показался мне небезынтересным. И я даже почувствовал жалость к доктору — ведь он так хотел найти этого своего ангела!

Но тут меня ожидал сюрприз.

— Я не сказал вам, Айвэн, — проговорил доктор виновато. — Я знаю точные координаты. Они зашифрованы в самой надписи. Вот почему мне и нужна была вторая раковина.

— Вторая раковина? Не понимаю.

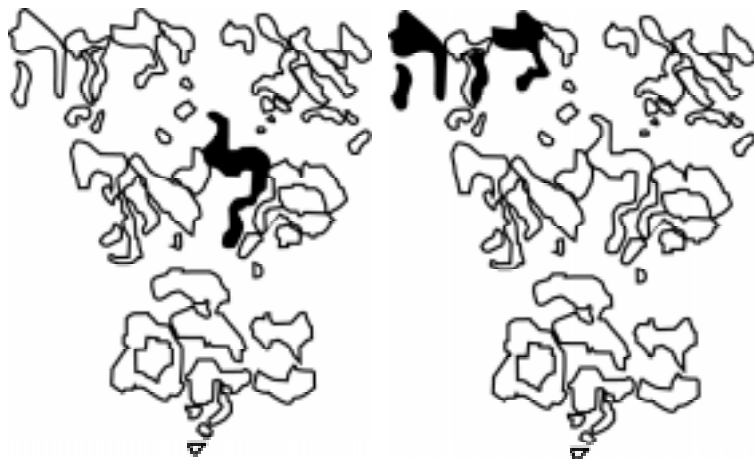
— Узоры. Видите эти красные вкрапления в черном узоре?

— Да, я их сразу заметил.

— А заметили вы, что красным выделены лишь некоторые буквы? На раковине, которую выловили вы, выделена буква «ламед» в слове «ангел», а на той, которую мы выменяли у старика, — две буквы «хе» в слове «яхве» — «сущий, аз есмь».

— И что же?

— Это не случайно. Согласно каббале, каждая буква в древнееврейском алфавите имеет сакральный смысл. Так, буква «ламед», как говорят, господствует в соитии, ей соответствуют созвездие Весы, месяц тишири и желчный пузырь в человеческом теле. А кроме того — и, собственно, лишь это имеет для



нас значение, — она обозначает «западную высоту» и число тридцать. В свою очередь, буква «хе» господствует над речью, ей отвечают созвездие Овен, месяц нисан и правая нога человека. А также «восточная высота» и число пять. Понимаете?

— Не совсем.

— Ну как же! Теперь все, что нам нужно, — это карта и циркуль. — Доктор достал из стола карту Габона и циркуль. — Вот здесь мы нашли номер первый, а где-то тут был выловлен номер второй. — Он отметил эти места точками. — Чертиком вокруг первой точки окружность с достаточно большим радиусом, кратным тридцати, а вокруг второй — окружность с радиусом, кратным пяти.

— Понял! — воскликнул я. — Теперь остается лишь провести через точки пересечения окружностей прямую, которая будет перпендикулярна отрезку, соединяющему оба места, где были найдены раковины. Где они пересекутся, там и... Но мы попадаем прямоком в залив!

— Не забывайте, Айвэн, что ангел, как сказано, замурован в «толще скал». Ваши расчеты были бы безупречны, если бы на раковинах были выделены буквы «самек» и «зайин», обозначающие не высоту, а соответственно западную и восточную глубину. Но поскольку мы имеем дело не с глубиной, а с высотой, то и должны вести наши вычисления с учетом этого обстоятельства. Поэтому нужно брать не точку пересечения прямой с отрезком, соединяющим места, где были найдены раковины, а точку пересечения прямой с горным хребтом. Теперь вы понимаете? — И доктор ласково погладил меня по плечу. — Я вижу, вы расстроены. Но я должен найти его! Решайте, пойдете ли вы со мной или останетесь на яхте. Даю вам ночь. Завтра утром мы возвращаемся в Либревиль. Мне еще нужно взять напрокат джип и закупить оборудование, необходимое для горной экспедиции.

## 6

Густая и высокая, в два человеческих роста, слоновая трава подступала к самой дороге. Тут и там из травы торчали одинокие баобабы, кокосовые и масляные пальмы, иногда по обочине мелькали узкие, высокие, похожие на причудливые башни термитники. Впереди синели Хрустальные горы.

Мы сделали привал возле ручья, широкого, но обмелевшего, с обнажившимся каменистым руслом. За ним саванна переходила в джунгли предгорья. Хрустальные горы, казалось, нависали над ручьем — синие, в пятнах теней, прохладные...

Джип мы вынуждены были оставить внизу и дальше отправились пешком. На третий день похода карта привела нас в труднодоступный район, поросший первичным лесом. Тропа поднималась все выше и становилась все круче, а справа, за обрывистым спуском, все шире открывался океан, серый с голубоватым отливом.

И вот мы вышли на седловину, которую окружали гигантские деревья. Прямо перед нами — голые известняковые скалы, а посреди них — треугольная пещера. При первом же взгляде на ее сумрачный зев у меня возникло ощущение, что это и есть то самое место. Да, что-то явно чуждое окружающим горам. Я вопросительно взглянул на доктора, и он молча кивнул мне в ответ.

Солнце перевалило зенит и уже наполовину скрылось за верхушкой скалы, когда мы вступили под своды пещеры. Она оказалась широкой, сухой, но постепенно стала сужаться и вскоре превратилась в узкий лаз, идти по которому приходилось сильно пригнувшись. Солнечные лучи почти не проникали сюда. Мы зажгли большие шахтерские фонари, которые доктор предусмотрительно захватил из Либревилля. Я достал записную книжку и на всякий случай принялся зарисовывать пройденный путь. Он выглядел так:

Преодолев узкий лаз, мы вышли в длинную, изогнутую галерею. Меня удивил вид стен и сводов: они были какие-то реб-



ристые, причем эти острые выступы, как бы окольцовывавшие пещеру по окружности, отстояли друг от друга примерно на равное расстояние. (Здесь и далее — см. мои зарисовки.)

Пройдя эту галерею, мы очутились в тесном каменном мешке с низко нависшими сводами.

Тусклые пятна наших фонарей прыгали по неровным поверхностям. Но в дальнем конце чернел узкий проход. Своды резко уходили вверх. Это оказалась огромная пещера, и фонари были слишком слабы, чтобы осветить ее всю. Нам была хорошо видна только ближняя стена, а все остальное тонуло во мраке. Звук наших шагов гулко отдавался в дальних углах. Направо и налево открывались проходы — по два с каждой стороны. Мы исследовали их, но они заканчивались тупиками.

В конце концов путь нам преградило небольшое, очень зловонное озеро. Мы попытались было обойти его через боковые проходы, однако они тоже закончились тупиками.

По ту сторону озера, причем над самой водой, в низко нависшем своде чернел еще один проход. Я заметил, что вдоль всей стены к нему ведет узкий карниз. Доктор наотрез отказался идти по нему, а я решил рискнуть.

Ладно — искать так искать!

Осторожно, придерживаясь раскинутыми руками за неровную стену, быстрыми, мелкими шажками я двинулся в сторону



прохода. Это оказалось не так уж трудно, и через несколько минут я забрался в узкий, сухой лаз.

Теперь пришлось ползти на четвереньках. Чувствовался сильный наклон. Спуск продолжался невообразимо долго. Вконец измученный и покрытый меловой пылью, я было решил прекратить дальнейший поиск, тем более что лаз непрерывно сужался.

Однако неожиданно впереди показался просвет. Я почувствовал дуновение свежего воздуха, и это придало мне сил. Почти ползком, обдирая колени и локти, я добрался до круглого отверстия. Лаз обрывался в отвесной стене. Отсюда, с высоты птичьего полета, открывался вид бескрайних лесов, саванны и джунглей, за которыми лежал далекий Камерун. Огромное красное солнце садилось слева, за стального оттенка Атлантический океан.

Я понял, что прошел известняковые скалы насквозь.

Ангела нигде не было. Все наши поиски оказались напрасными.



## ФАНТАСТИКА

### 7

Прошло полгода. Никаких известий от доктора я не получал и по-прежнему ошивался по портовым кабакам в поисках случайного заработка, старательно избегая встреч с копами. Однажды вечером я выбрался из одного уютного местечка, и тут меня поймал Седой — здоровенный негр с пепельной шевелюрой.

— Послушай, Айвэн, — сказал он, — тебя один тип разыскивает. Обещает хорошие чаевые тому, кто скажет, где ты. Вот я и подумал: надо предупредить.

— Что за тип? — спросил я, стараясь не выдать тревоги (не иначе, снова потянут в полицию по старым делам).

— Да такой серьезный дядька на джипе. Говорит, ты будешь рад встретиться с ним. Дал мне десять баксов. Я не

стал отказываться: зачем вызывать у него подозрение? Так я выпью на них за твоё здоровье, если ты не возражаешь, да?

— Валяй, — согласился я, не переставая думать: что же это за тип?

И тут из-за поворота действительно вырулил джип, а за рулем — я глазам своим не поверил — доктор собственной персоной. Только вместо шорт и легкомысленной гавайской рубашки на выпуск на нем был дорогой костюм и галстук-бабочка. Если что осталось от прежнего доктора, так это черные глаза, горбатый нос и панамы. Его появление было таким неожиданным, что я по привычке даже попытался пригладить волосы.

Завидев меня, доктор улыбнулся и помахал панамой. А уже через пару минут мы сидели в баре за пивом.

— Как это вы умудрились меня отыскать, док?

— Это вовсе не сложно. Просто я всем говорил, что ищу лучшего ныряльщика на побережье. Как дела, Айвэн?

— Хреново, док, — честно признался я. — А что, есть работа?

— В будущем — возможно, — туманно произнес он. Потом как-то странно взглянул на меня и будто бы между прочим обронил: — Я ангела нашел.

— Ну так выпьем за это, — сказал я. И только потом до меня дошел смысл его слов. — Не может быть! Где?

— Там, — махнул доктор в сторону видневшихся в окне Хрустальных гор. — Мы были просто дураки, Айвэн, и не сумели увидеть очевидного. Это...

— Пойдите, док, — перебил я, — вы снова ездите в горы?

Он покачал головой:

— Я нашел его, не сходя с места. Помните, вы дали мне свою записную книжку, в которой зарисовали весь пройденный нами путь?

— Ну и что же? При чем тут моя записная книжка?

— А вот взгляните. Эти подземные галереи, которые вы так тщательно вычертили... Они ничего вам не напоминают? Ну,



## ФАНТАСТИКА

отрешитесь от частностей и постарайтесь увидеть картинку целиком! Достаточно прорисовать кое-какие детали, повернуть рисунок на сто восемьдесят градусов, вот так... — Доктор быстро набросал что-то карандашом в блокноте и показал мне. — Разве не похожи все эти подземные пещеры на огромные кости... на скелет гигантского существа?

Я взглянул на рисунок доктора.

— Вот дьявол! — вырвалось у меня. Потому что все сразу встало на свои места.

— Мне думается, — сказал доктор, — послание, которое мы получили на раковинах, пережило своего автора. Ангел умер, и его выветренный скелет превратился в часть Хрустальных гор. Нам трудно было представить существо подобных размеров, вот почему мы не смогли сразу увидеть очевидного. Простительная ошибка, впрочем.

Доктор приложился к кружке, со стуком поставил ее на стол и вытер губы тыльной стороной ладони.

— Итак, ангел найден, — сказал он. — Что дальше? Не знаю. Одно мне ясно: в мире еще много непознанного. Оно зовет к нам. Надо только прислушаться и суметь услышать. Так, как мы сумели услышать зов ангела, донесшийся до нас через миллионы и миллионы лет.



# Секретное послание Микеланджело в будущее

Строительство Сикстинской капеллы в Риме было начато во время понтификата папы Сикста IV в 1475 году, как раз в тот год, когда недалеко от Флоренции, в маленьком городке Капрезе, в семье Лодовико ди Лионардо ди Буонарроти Симони родился второй сын, получивший имя Микеланджело. Это имя теперь известно всем и неразрывно связано с Сикстинской капеллой.

Зная детали жизненного пути гениального скульптора, художника, архитектора и поэта, нельзя не поразиться тому, какая титаническая сила была заключена в нем. Именно она позволила выстоять перед неудачами, непреодолимыми, казалось бы, преградами, а подчас и просто издевательствами судьбы, которыми изобилует жизненный путь мастера.

В 1508 году Папа Римский Юлий II вызывает прославленного ваятеля из его родной Флоренции в Рим. За плечами Микеланджело уже такие шедевры скульптуры, как «Оплакивание Христа» и «Давид». Логично было бы предложить, что Юлий II предложит скульптору изваять новую статую. Но нет. По наущению недоброжелателей Микеланджело, и в первую очередь уроженца Урбино архитектора Донато Браманте, который покровительствовал своему земляку, молодому Рафаэлю Санти, и хотел убрать с его пути конкурента, папа предлагает Микеланджело расписать потолок Сикстинской капеллы. Потолок площадью около шестисот квадратных метров! Замысел врагов был прост. Во-первых, отвлечь мастера от его главного дела — скульптуры. Во-вторых, навлечь на него — в случае отказа — гнев понтифика. Ну а если Микеланджело все-таки согласится, то, скорее всего, скульптор не сможет создать ничего путного, и преимущество Рафаэля станет неоспоримым. Если учесть, что Буонарроти до этого момента почти не занимался фресковой живописью, то легко понять, почему скульптор вначале просил папу перепоручить этот заказ Рафаэлю. Но, встретив жесткую настойчивость Юлия II, Микеланджело вынужден был согласиться.

Свой подвиг художник совершил всего за 26 месяцев (работая с перерывами с 10 мая 1508 года по 31 октября 1512 года). Он расписывал потолок, лежа на спине или сидя, запрокидывая назад голову. При этом глаза ему заливали краску, капающая с кисти, тело от неудобного положения разрывала нестерпимая боль. Но он создал творение, по грандиозности, содержательности и совершенству занявшее центральное место в искусстве Высокого Возрождения. Гёте писал: «Не повидав Сикстинской капеллы, трудно составить себе наглядное представление о том, что может сделать один человек».

Бесспорно одна из лучших фресок плафона капеллы — «Сотворение Адама» (рис. 1). Облокотившись на правую руку, на земле полулежит молодое и красивое, но еще неживое тело первого человека. Летящий в окружении сонма бескрылых ангелов Творец-Саваоф протягивает свою десницу к левой руке Адама. Еще мгновение — их пальцы соприкоснутся, и тело Адама оживет, обретя душу. Опи-





1  
Микеланджело. «Сотворение Адама». 1511 год.  
Фреска плафона Сикстинской капеллы

сывая эту фреску, искусствоведы обычно отмечают, что Саваоф и ангелы, объединенные в единое целое, очень удачно вписываются в картину, уравновесившая левую часть фрески. И все.

Однако, взглядевшись внимательнее в создание художника, вдруг понимаешь, что Адама оживляет не Господь, а огромный мозг, повторяющий в деталях строение головного мозга человека (рис. 2). Это должен понять любой биолог или врач, знающий азы анатомии. Но прошел век за веком, и только через полтысячелетия замисел Микеланджело нам открылся. Мастер зашифровал в этой фреске то, что акт творения был совершен вселенским разумом. Почему же Микеланджело при жизни даже не намекнул современникам, что он на самом деле изобразил? Объяснение напрашивается само собой. Строение мозга художник мог изучить, только вскрывая трупы. А за надругательство над мертвым телом во времена Микеланджело полагалась смертная казнь. И если бы семнадцатилетнего Буонарроти поймали, когда он тайно анатомировал трупы в покойницкой монастыря Санто Спирито во Флоренции, то уже на следующий день его собственный труп висел бы в проеме окна на третьем этаже дворца Синьории, и мир никогда не увидел бы будущих шедевров Микеланджело. С тех памятных дней 1492 года, когда художник изучал строение человеческого тела, до создания фрески «Сотворение Адама» на плафоне Сикстинской капеллы прошло почти двадцать лет. Однако, несмотря на такой большой срок, поражает точность, с которой Микеланджело изобразил извилины и борозды головного мозга человека.

Легко угадывается боковая борозда, отделяющая лобную долю мозга от височной. Верхняя и нижняя височные борозды отграничивают среднюю височную извилину. Правое плечо Саваофа — это средняя лобная извилина. Профиль одного из ангелов повторяет центральную, или роландову, борозду — границу между лобной и теменной долями мозга. И наконец, головы двух ангелов за спиной Создателя — это не что иное, как надкраевая и угловая извилины.

Интересно, что детали строения мозга угадываются и в складках одежды Саваофа на фреске «Сотворение Солн-



2  
Сравнение фрагмента фрески «Сотворение Адама» и изображения головного мозга человека

### ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

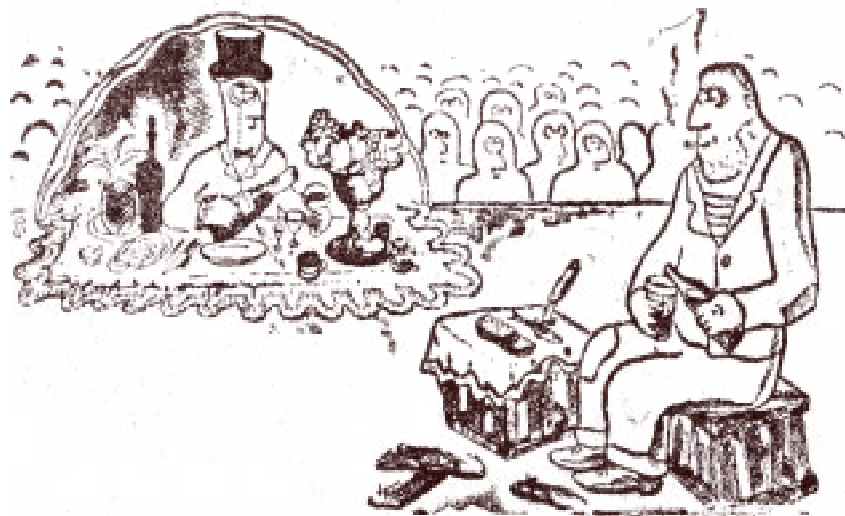
ца, Луны и растений», и в очертании ткани на фреске «Отделение суши от воды и сотворение рыб».

Последними словами восьмидесятидвятилетнего Микеланджело на смертном одре были: «Как жаль, что я должен умереть, когда только начал читать по слогам в своей профессии».

Можно только с грустью добавить: «Как жаль, что только через пятьсот лет мы учимся читать по слогам то, что подарил нам великий Мастер».

Доктор  
биологических наук,  
профессор  
**К.А.Ефетов**





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Кофе для нейрофизиолога

Сотрудники Медицинского университета в Инсбруке при помощи магнитно-резонансной томографии доказали, что 100 миллиграммов кофеина существенно улучшают запоминание информации, необходимой в данный момент.

Рабочая кратковременная память предназначена для того, чтобы запомнить нечто на достаточно короткий промежуток времени: например, посмотрев номер телефона в записной книжке, не забыть его при наборе.

В эксперименте, проведенном авторами исследования, приняли участие 15 здоровых взрослых добровольцев. Им был предложен несложный тест: в череде простых изображений (буквы А, В, С и D) не пропустить изменения в каждом третьем кадре. Для быстроты ответа при замеченных переменах участники поднимали правый указательный палец, а если все, с их точки зрения, оставалось по-старому — левый.

Для чистоты эксперимента добровольцы не получали кофеин в течение 12 часов до его начала и не курили четыре часа перед тестом. Техника магнитного резонанса позволила регистрировать активность мозга, при этом фиксировали и время реакции (по сообщению агентства «EurekAlert!» от 30 ноября 2005 г.).

Затем участникам давали либо кофеин, либо плацебо так, чтобы в итоге каждый прошел тест и после того, и после другого. Оказалось, что после 100 миллиграммов кофеина (примерно столько его содержится в двух чашках кофе) существенно возростала активность в лобной доле мозга, где расположена часть рабочей памяти, и его переднем поясе — здесь находятся области, контролирующие внимание. Время реакции при этом сокращалось.

Однако это вовсе не означает, что надо то и дело «подстегивать» свою память кофе. В эксперименте принимали участие здоровые люди. К тому же пока не слишком много известно о том, как кофеин влияет на умственные ресурсы при длительном употреблении.

На сегодня кофеин — это наиболее широко распространенное возбуждающее вещество. Оно содержится не только в кофе, но и в чае, шоколаде, некоторых безалкогольных напитках.

Е.Сутоцкая

## Пишут, что...



...опубликован обзор экспериментов по квантовой телепортации кубитов («Микроэлектроника», 2006, т.35, № 1, с.44)...

...глобальные катастрофы могли быть связаны с изменением полярности земного магнитного поля, когда Северный полюс становился Южным, и наоборот («Земля и Вселенная», 2006, № 1, с.68)...

...если человечество сожжет все запасы угля и нефти, средняя температура на Земле поднимется на 13° С, причем в Арктике полностью исчезнет лед («New Scientist», 2006, № 2539)...

...оценка экологического состояния детских площадок Москвы показала, что 90% обследованных объектов находятся ближе, чем в 15 метрах, от автомагистралей, из-за чего в талом снеге повышен уровень свинца и других вредных веществ («Экология и промышленность России», 2006, № 1, с.42)...

...при системной красной волчанке, тяжелом аутоиммунном заболевании, вырабатываются антитела, которые могут взаимодействовать с рецепторами в миндалине и тем самым влиять на поведение, в частности, на чувство страха («Proceedings of the National Academy of Science of the USA», 2006, т. 103, № 3, с.678)...

...у подростков на начальных стадиях полового созревания (11—13 лет у мальчиков, 10—12 лет у девочек) объем рабочей, или оперативной памяти достоверно снижен по сравнению со взрослыми («Физиология человека», 2006, т.32, № 1, с.5)...

...межвидовая трансплантация эмбрионов, возможно, способствует сохранению редких и исчезающих видов, таких как африканская дикая кошка («Онтогенез», 2006, т.37, № 1, с.3)...

...генам белков, которые экспрессируются в сперме, с точки зрения отбора «выгодно» находиться в X-хромосоме («Heredity» 2006, т. 96, с.39)...

Пишут, что...



...разработан экспресс-метод определения аманитинов — токсинов бледной поганки («Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», 2006, т.141, № 1, с.119)...

...глубокое замораживание в жидком азоте (криоконсервация) семян гвоздики не влияет на морфологию растений, которые вырастают из этих семян, а всхожесть в некоторых случаях даже повышается («Биофизика», 2006, т.51, вып.1, с.136—143)...

...у людей, длительное время работающих на открытом воздухе в холодном климате, почти вдвое уменьшается число холодовых точек (активных рецепторов холода) на предплечье («Российский физиологический журнал», 2005, т.91, № 12, с.1492)...

...создана компьютерная модель золотистого стафилококка с действующим метаболизмом, которая позволяет предсказывать эффекты мутаций в геноме микроба и действие на него антибиотиков («Biotechnology and bioengineering», 2005, т.92, № 7, с.850)...

...к концу 2008 года телефонная (по крайней мере, таксофонная) связь и Интернет будут во всех населенных пунктах России («Network World — Сети», 2006, № 1 (196), с.28)...

...с 2003 года система ценностей у студентов вузов начала возвращаться к прежнему состоянию, наблюдавшемуся в середине 90-х годов XX века — значимость этических ценностей возрастает, а прагматичности, деловой хватки снижается («Психологический журнал», 2006, т.27, № 1, с.35)...

...в формировании аридного (пустынного) пояса Евразии и Африки значительный вклад внесли военные действия, от финикийских военных походов до Второй мировой войны, арабо-израильских и американо-иракских конфликтов («Известия РАН.Серия географическая», 2005, № 6, с.26)...



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Не слышно шума городского...

Испанские и американские нейробиологи выяснили, почему мы не замечаем гудения автомобильного мотора и тиканья часов.

Под корой головного мозга млекопитающих исследователи обнаружили нейроны, которые реагируют на новые, неизвестные звуки среди привычных — отмечают изменения в высоте, громкости и продолжительности. При монотонных, повторяющихся звуках эти «детекторы» выключаются (по сообщению из университета штата Вашингтон от 1 декабря 2005 года).

По мнению авторов работы, эти клетки способны запоминать повторяющиеся признаки и затем выполнять достаточно сложные задачи — в том числе выделять новые звуки среди часто встречающихся. Это своего рода стражи, не позволяющие информации о несущественных звуках достигать коры головного мозга.

Такая способность очень важна для человека: она дает возможность отсекаать фоновые шумы, такие, как работа мотора во время движения автомобиля или тиканье часов. Но эти же нейроны заставляют нас насторожиться, если машина вдруг начнет издавать нехарактерные звуки или зазвонит сотовый телефон. Кроме того, они хранят информацию об особенностях звуков, помогая нам вспомнить, что последует за ними.

Исследование было проведено на крысах. Однако ученые уверены, что аналогичные нейроны есть и у человека, поскольку они обнаружены у всех позвоночных животных. В будущем, вероятно, полученные данные помогут в изучении нейронных механизмов, лежащих в основе памяти, избирательного внимания и способности прогнозировать события.

М.Егорова



П.В.ЯКИНУ, Казань: *О книге Ричарда Докинза «Эгоистичный ген» мы писали не один раз (1995, № 5, с.83; 1999, № 8, с.37), но лучше все же прочесть саму книгу.*

И.А.РЯБЦЕВОЙ, Москва: *Елеми, элеми — смола дерева элеми (Сaparium lizonicum Miq.), она применяется как пластификатор в лаках; эфирное масло из смолы элеми используют в средствах для ухода за кожей, а также в ароматерапии стрессов и простудных заболеваний.*

А.В.ВИКТОРОВУ, вопрос из Интернета: *Метантенк — это реактор, в котором органические отходы перерабатываются в биогаз.*

Р.С.ВЕСЕЛОВСКОЙ, Санкт-Петербург: *Отвар, настой и настойка — разные вещи: отвар кипятят; чтобы приготовить настой, сырье заливают кипятком и оставляют остывать; настойку же делают не на воде, а, как правило, на этиловом спирте.*

Е.В.ВОРОБЬЕВОЙ, Суздаль: *Мать-и-мачеха из российской фармакопеи не исключена, несмотря на присутствующие в ней алкалоиды; лечитесь на здоровье, не забудьте только внимательно прочесть список противопоказаний на упаковке.*

З.М.ЯГОФОРОВОЙ, Сыктывкар: *Насколько нам известно, сорт яблок титовка, который словарь Даля уважительно именуется «лучшим русским яблоком», нигде не делся и по-прежнему растет в садах.*

С.П.БЕЛОВУ, Липецк: *Меловую краску для заборов, стен домов и т. п. готовят так: 50 частей мела, 10 частей краски (например, охры), 10 частей квасцов, 25 частей декстрина и 5 частей натертого мыла растворите в воде, разведите до требуемой густоты и красьте.*

В.М.СМИРНОВУ, Вологда: *Активизировать и активировать — не одно и то же: чью-либо деятельность можно и активизировать, и активировать, а вот химический процесс или интернет-карту — только активировать.*

Д.Ф.МИШЕНКО, Томск: *UCLES (University of Cambridge Local Examinations Syndicate) — Экзаменационный синдикат Кембриджского университета принимает у кандидатов тесты по английскому языку и выдает сертификаты пяти уровней, от начинающего до профессионального пользователя; удачи!*



## К вороне с уважением

**В** начале лета телефон Союза охраны птиц России раскаляется от работы. Звонят журналисты, представители власти, простые горожане. Главные виновники этого трезвона — обыкновенные серые вороны, и дело действительно непростое: в городах участились случаи их нападения на людей. Самые впечатлительные из жителей районов, неблагополучных по причине ворон, порой впадают в панику, и многим, конечно же, вспоминается фильм Альфреда Хичкока «Птицы». В чем же дело?

В марте вороны возвращаются к гнездам, ремонтируют их или строят новые и громко объявляют миру о своих весенних радостях. К середине апреля в каждом гнезде уже лежит 4–5 маленьких зеленоватых яичек с пятнышками. Птенцы обычно вылупляются в начале мая. А через месяц воронята подрастают и покидают гнездо, еще толком не научившись летать. Тут-то их и начинает охранять мать-ворона.

В тех случаях, когда орнитологам удавалось оказаться на месте нападения птицы на человека, выяснялось, что причина — именно родительская забота. Когда сорокалетний житель Читы решил погладить вороненка, ворона стала хватать его лапами за капюшон — наверное, надеялась оттащить. В другом городе несколько человек пострадало из-за того, что не заметили в траве мертвого вороненка. Если же люди птенца так и не увидели, агрессия во-





## ИЗ ЖИЗНИ ПТИЦ

рон кажется им беспричинной.

Итак, вороны нападения — не хулиганство, а, выражаясь юридически, превышение мер допустимой обороны; их можно избежать: обойти волнующихся птиц стороной. Не пытайтесь подбирать воронят, взрослые птицы справятся сами. А через неделю все кончится: птенцы научатся летать. Ни в коем случае не следует разорять гнезда. Эффект может быть неожиданным: эти птицы умеют различать людей и у них очень хорошая память. Известен случай, когда ворона била стекла в окнах квартиры человека, который уничтожил ее гнездо.

Ворона — существо необыкновенное: по интеллекту их иногда ставят на одну ступеньку с шимпанзе и дельфинами. И не зря. Среди этих птиц есть умулицы, которые палочкой выковыривают насе-

комых из щелок. А что вы скажете про ворону, которая зачерпывает воду из колодца, держа в лапах осколок посуды? Или про ту, что доставала воду из углуб-

ления, набросав туда камушков и таким способом повисив ее уровень? Этого мало: некоторые представители вороньего племени могут сами изготавливать орудия. На зоологической станции Оксфордского университета живет пара новокаледонских ворон — Бетти и Эйбл. Британские биологи поставили такой опыт: в ведро положили мясо и дали воронам две проволоочки — одной прямую, а другой с крючком. Птица, которой достался крючок, сразу им воспользовалась, а другая... загнула конец у прямой!

А то, что наши серые вороны способны к обобщению и операциям с числа-

ми, доказали биологи МГУ. Из двух кормушек птицы уверенно выбирали ту, в которой больше червяков, даже если разница была лишь на единицу, к примеру в одной 11, а в другой 12. Потом птиц научили связывать количество червяков с цифрами — и теперь они не ошибались, выбирая большее число. Наконец, им предложили задачу на сложение: накрыли кормушки карточками «1+2» или «2+2». После некоторого размышления ворона пришла к правильному решению.

Понаблюдайте за воронами, и вы увидите, что это создания творческие и мирные. Не бояться их не нужно, а уважать.

Кандидат  
биологических наук  
**Е. Н. Краснова**



# International Symposium Advanced Science in Organic Chemistry

## International Organizing & Scientific Committee

I. P. Beletskaya (Chairman)  
S. A. Altshteyn  
S. A. Andronati  
V. Ya. Chirva  
M. N. Preobrazhenskaya

## Plenary Speakers

Y. N. Bubnov	V. P. Kukhar'
V. N. Charushin	F. A. Lahvich
V. P. Chernykh	M. O. Lozinsky
O. N. Chupakhin	B. A. Trofimov
U. M. Dzhemilev	P. F. Vlad
M. P. Egorov	M. S. Yunusov
A. I. Konovalov	

## Media Sponsors

Chemistry of Heterocyclic Compounds  
Mendeleev Communications  
Russian Chemical Bulletin  
Russian Chemical Reviews  
Russian Journal of Organic Chemistry



[www.asoc.ru](http://www.asoc.ru)  
[asoc@chembridge.ru](mailto:asoc@chembridge.ru)  
+7 495 775 06 54

