



XXI век



4

2003

ПНЗНЖ  
И  
ВМММХ





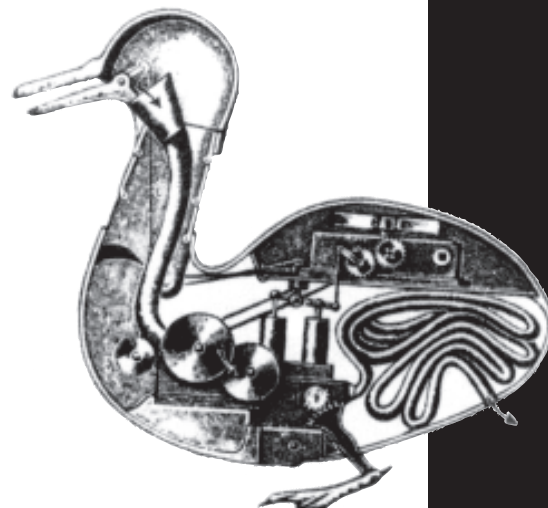


*Разница между словами  
«употреблять»  
и «истреблять»  
не столь уж велика  
Фредерик Бегбедер*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина  
к статье «Да неужто любовь прибавляет ума?»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — фрагмент  
фрески Перуджино «Распятие и святые». Небо  
на закате, воздушные замки и, наконец, звезды —  
удаленные объекты манят человека все больше  
и больше. Но и технических средств  
для достижения романтических грез становится  
все больше. Об этом читайте в статье  
«Урановые кольца. Вид с Паранала»*





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

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

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**

Л.Н.Стрельникова

**Главный художник**

А.В.Астрин

**Ответственный секретарь**

Н.Д.Соколов

**Редакторы и обозреватели**

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

**Производство**

Т.М.Макарова

**Служба информации**

В.В.Благутина

**Агентство ИнформНаука**

О.О.Максименко, Н.В.Маркина,  
 Т.Б.Пичугина, Н.В.Пятосина,  
 О.Б.Тельпуховская  
 textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 04.04.2003  
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт  
 энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47  
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

**Адрес редакции:**

105005 Москва, Лефортовский пер., 8

**Телефон для справок:**

(095) 267-54-18,

**e-mail:** redaktor@hij.ru

Ищите нас в Интернете по адресам:

<http://www.hij.ru>;

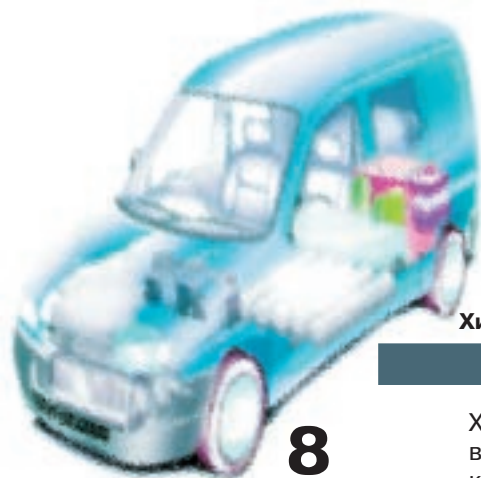
<http://www.informnauka.ru>

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

На журнал можно подписаться  
 в агентствах:

«Роспечать» — каталог «Роспечать»,  
 индексы 72231 и 72232  
 (рассылка — «Центроэкс», тел. 456-86-01)  
 «АРЗИ» — Объединенный каталог  
 «Вся пресса», индексы — 88763 и 88764  
 (рассылка — «АРЗИ», тел. 443-61-60)  
 «Буква-Премьер» — 261-82-04  
 «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  
 ЗАО «АиФ-Эскорт» — 319-82-16  
 В Санкт-Петербурге  
 «ПитерЭкспресс» — (812)325-09-25  
 На Украине «KSS» — (044) 464-02-20

© Издательство  
 научно-популярной литературы  
 «Химия и жизнь»



Химия и жизнь — XXI век

8

В 90-х года прошлого века в ГНЦ РФ НАМИ сделали образец «Москвича» с двигателем, работающем на водороде, который получали прямо на борту из метанола. А недавно на АвтоВАЗе был создан образец электромобиля, работающего на водородных топливных элементах.

16

Химики, полностью владеющие рынком красителей, рискуют утратить свою монополию на производство индиго уже в ближайшем будущем. Конкуренты наступают с трех сторон: тут и природный индиго, и биосинтетический, и даже совсем не индиго, а синий трансгенный хлопок, которому вообще никакие красители не нужны.

## ИНФОРМНАУКА

АНАЛИЗ ВОДЫ В ПОТОКЕ .....	4
КАК ЗАСЕЧЬ АКУЛУ ВОЗЛЕ ПЛЯЖА .....	4
УГРОЗА ПРИОННЫХ ИНФЕКЦИЙ ОСТАЕТСЯ .....	5
ВАКЦИНА, КОТОРУЮ НАДО ЖЕВАТЬ .....	6
ХЛАМИДИИ ПРОВОЦИРУЮТ АТЕРОСКЛЕРОЗ .....	6
БЕССМЕРТНЫЕ МЫШИ: КОМПЬЮТЕР ПРОТИВ КАРПА .....	7

## ТЕХНОЛОГИИ

<b>Б.Лагутин</b>	
ВОДОРОДНЫЙ АВТОМОБИЛЬ .....	8
ВОДОРОД КАК ТОПЛИВО .....	10
<b>А.Я.Розовский</b>	
ДРУГОЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ .....	11
ПРОЦЕСС ПОШЕЛ .....	13

## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

<b>А.С.Садовский</b>	
ИНДИГО НЕСТАРЕЮЩИЙ И НЕВЫЦВЕТАЮЩИЙ .....	16

## КНИГИ

<b>Л.Каховский</b>	
А КОРОЛЬ-ТО УМНЫЙ! .....	20

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>Л.А.Животовский</b>	
ЛАМАРК БЫЛ ПРАВ .....	22
<b>С.В.Багоцкий</b>	
ОНИ НЕ НАСЛЕДУЮТСЯ, И ПОЧЕМУ .....	26

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

<b>В.В.Вельков</b>	
ДА НЕУЖТО ЛЮБОВЬ ПРИБАВЛЯЕТ УМА? .....	30

## КНИГИ

<b>Е.Н.Панов</b>	
БЕГСТВО ОТ ОДИНОЧЕСТВА .....	34

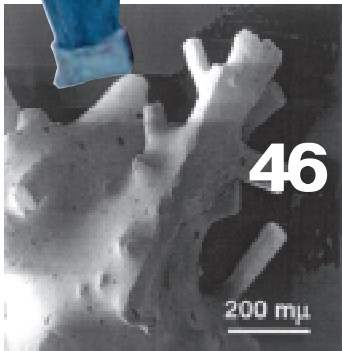
## ИНФОРМНАУКА

БЕСХВОСТЫЕ КОШКИ ОКАЗАЛИСЬ ЗАЙЦАМИ .....	37
РАСТЕНИЯ-ЭКСТРЕМАЛЫ .....	37

38



Первую операцию по удалению опухоли с помощью диэтилового эфира (который теперь называют просто «эфиром») произвел 30 марта 1842 года американский врач Кроуфорд У. Лонг. Теперь 30 марта в США отмечается как День медика.



46

Редакция получила письмо с далекой Чукотки от геолога В.Т.Переладова. А вместе с письмом — образцы игольчатых кристаллов. Нашего читателя интересовал состав кристаллов, поэтому редакция предприняла расследование и выяснила, что это — кристаллы электрума, на 68% состоящие из золота...

#### БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

**В.Б.Прозоровский**  
СОВРЕМЕННЫЙ НАРКОЗ ..... 38

#### РАССЛЕДОВАНИЕ

**И.А.Леенсон**  
КРИСТАЛЛЫ ЭЛЕКТРУМА ..... 46

#### ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

**А.В.Киселева**  
СЕРДЦЕ ЧУЕТ ЗАПАХИ ..... 48

#### НАУЧНЫЙ КОММЕНТАРИЙ

**А.А.Каменский**  
ВДЫХАЯ АРОМАТЫ ..... 49

#### РАДОСТИ ЖИЗНИ

**Ген.Меладзе**  
ТЕМНО-СИНИЕ СТИХИ ..... 51

#### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ВЫЖИВАНИЯ НАУКИ

**Л.В.Бадыевич**  
ФАНДРАЙЗИНГ, ИЛИ КАК НАЙТИ ГРАНТ ..... 55

#### ФОТОИНФОРМАЦИЯ

**С.Комаров**  
УРАНОВЫЕ КОЛЬЦА. ВИД С ПАРАНАЛА ..... 63

#### ФАНТАСТИКА

**Л. и А.Белаш**  
СТАНЦИЯ ФИНИСТЕР ..... 64

#### ЖЕРТВА НАУКИ

**Н.Резник**  
УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ МОЗГА ..... 72

НОВОСТИ НАУКИ 14      КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 28      ПИШУТ, ЧТО... 70

ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ 42      ПЕРЕПИСКА 72

# В номере

4

#### ИНФОРМАУКА

Об уникальном приборе для анализа воды, разработанном в московском Институте геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН.

30

#### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

Есть пять веских причин для полового размножения, одна из которых — ускорение эволюции, направленной на повышение интеллекта.

49

#### НАУЧНЫЙ КОММЕНТАРИЙ

Различные запахи влияют не только на субъективные ощущения пациента (самочувствие, настроение), но и на вполне объективные показатели, скажем, пульс и артериальное давление. А вот каков механизм этого влияния?

55

#### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ВЫЖИВАНИЯ НАУКИ

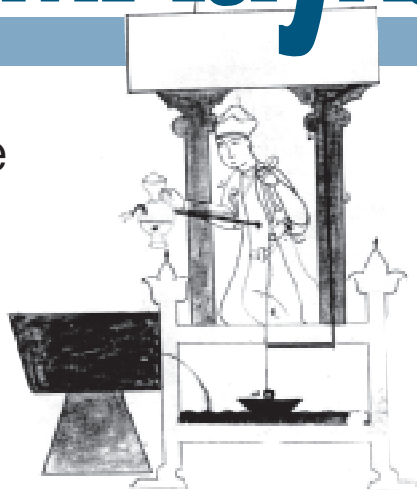
Как найти грант или финансирование для своих исследований? Дело это непростое, но если соблюдать правила фандрайзинга, то добиться успеха можно.



## АНАЛИТИКА

### Анализ воды в потоке

*Уникальный прибор для анализа воды разработали ученые из московского Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Идея не имеющего в мировой практике устройства возникла в беседе двух профессоров Б.А. Руденко и Б.К. Зуева, а воплотить ее в экспериментальную установку ученые смогли при финансовой поддержке РФФИ.*



С помощью нового прибора можно в считанные секунды и без каких-либо реактивов установить концентрацию в воде практически любых металлов. Достаточно будет поместить внутрь, например, трубопровода маленькое несложное устройство, генерирующее разряд, и по спектру возникающего излучения установить, сколько и каких металлов растворено в воде. «Это самый настоящий экологически чистый метод анализа, метод будущего», — рассказывает руководитель проекта профессор Б.К. Зуев. — Ведь до сих пор для анализа в большинстве случаев приходится использовать те или иные реактивы, иногда весьма небезопасные. Следовательно, в стоимость его автоматически приходится закладывать расходы на химикаты и их утилизацию. В нашем методе нужны только прибор и электричество, причем испытываемый раствор при анализе тоже не расходуется. Да и времени на всю процедуру понадобится всего ничего, секунды, в то время как традиционные подходы требуют иногда часов напряженного труда».

В основе нового метода — так называемый разряд при вскипании в канале, то есть разряд внутри жидкости между жидкими электродами. Суть в том, что в образец опускают два электрода, пространство между которыми разделено мембраной с маленьким отверстием. Если жидкость на этом участке нагреть, пропустив ток, то она закипит и образует пузырек пара. Этот пузырек, как пробка, перекроет отверстие в мембране. В пузырьке, между его стенками, возникнет газовый разряд — своего рода крошечная молния. При этом атомы металла, того, что есть в воде, возбуждаются и светятся — каждый своим светом. Спектр этого излучения уникален для каждого металла, и по нему, как по отпечаткам пальцев, можно с уверенностью устано-

вить, сколько и какого металла растворено в образце.

Разумеется, излучение нужно еще и зарегистрировать, но для этого подходит достаточно стандартное оборудование. В проточной ячейке должно быть кварцевое окошко, вплотную к нему — световодный жгут, который изготовили специалисты из Института прикладных проблем волоконной оптики. Остается только зафиксировать и проанализировать сигнал.

В результате ученые создали экспериментальную установку, которая, работая в импульсном режиме, при потребляемой мощности генератора разряда всего 0,5 Вт и позволяет определять в потоке воды ничтожные концентрации металлов. При этом она безопасна: разряд получается хоть и сильный, в 1000 Вт, но мгновенный и в очень ограниченном пространстве. Поэтому устройство можно безбоязненно хоть в водопровод встраивать, хоть в реку опускать, хоть на бие в море подвешивать. Есть области, где подобное устройство просто необходимо, — например, там, где требуется опресненная или регенерированная вода. Уж оно-то с высочайшей точностью установит, можно ли пить воду, или ее надо еще доопреснить. Устройство также можно будет использовать для контроля систем жизнеобеспечения на Международной космической станции.

## ТЕХНОЛОГИИ

### Как засечь акулу возле пляжа

*Небольшой, простой в эксплуатации и очень эффективный гидролокатор разработали и сделали подмосковные ученые из НПФ «Экран». С его*

*помощью можно быстро исследовать морские глубины, построить точную и подробную трехмерную карту морского дна или найти и идентифицировать подводный объект, даже если он размером с небольшую рыбку.*

Замечательно полезная «Гидра» появилась на свет в подмосковном городе Жуковском. В отличие от своей древнегреческой тезки, Лернейской гидры, девятиголовой ненасытной пожирательницы всего живого, эта поможет людям составить карты рельефа дна и найти скрытые в толще воды объекты — затонувший корабль, потерявшийся кабель, акулу или водолаза — все что угодно, лишь бы размером не меньше теннисного мячика.

«Гидра», которую разработали специалисты из НПФ «Экран» совместно с НИИ приборостроения им. В.В. Тихомирова, — это сравнительно небольшой, легкий и очень умный гидролокатор. Как и другие приборы такого рода, он создан для того, чтобы, подобно дельфинам, с помощью ультразвука быстро и точно определять положение подводных и плавучих объектов. Своих сородичей «Гидра» превосходит по многим показателям: видит дальше, показывает точнее, а в изготовлении и эксплуатации — проще.

Работать «Гидра» может с борта практически любого судна — хоть тихоокеанского лайнера, хоть небольшого катера, поскольку прибор у конструкторов из Жуковского получился вполне портативный — размером с системный блок стандартного ПК и весом 3–4 кг. Снаружи по бортам судна антенны локатора закрепляют так, чтобы они были расположены перпендикулярно к направлению движения, но смотрели бы не строго вбок или вниз, как обычные эхолоты, а под углом — градусов 50–60. Излучаемый акустический сигнал в форме расходящегося конуса, подобно лучу прожектора, как бы «освещает» справа и слева от движущегося судна две довольно широкие полосы. Отраженный от встреченного препятствия





ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

## Угроза прионных инфекций остается

*Тема прионных заболеваний практически сошла с газетных страниц и телевизионных экранов, но проблема осталась. Осталась и возможность заразиться прионной инфекцией, например, через биодобавки — так считают ученые из Российской государственной академии ветеринарной медицины.*

сигнал ловят приемные антенны, а затем, уже преобразованный и усиленный, его обрабатывает компьютер с помощью специального программного обеспечения. При этом умной машине приходится учитывать сразу множество факторов, таких, как скорость самого судна, скорость распространения ультразвука в воде, крен дифферент и прочие, — ведь просто зафиксировать отраженный сигнал и определить дальность до объекта недостаточно, необходимо получить точные координаты этого объекта.

Помимо собственно гидролокатора, в комплексе есть еще один прибор — так называемый интерферометр. Дело в том, что сам гидролокатор дает двумерную картину подводных объектов, яркость каждой точки которой определяется характеристиками отражающей среды — песок, например, отражает звук хорошо, а ил его поглощает. Поэтому плоская каменная плита и риф одной ширины на фоне дна будут выглядеть на экране гидролокатора одинаково. Интерферометр же позволяет увидеть и распознать объекты в трех измерениях.

В результате с помощью такого комплекса можно получить отчетливое трехмерное изображение дна на глубине от нескольких метров до полутора километров. Правда, разрешение на разных глубинах будет различным. На сравнительно небольшой глубине, от 1 до 80 м, разрешение составляет 5 см. Как говорят авторы изобретения, в этом случае их «Гидра» может найти и пересчитать даже небольших рыбок, например сардинок. На больших расстояниях разрешение ухудшается, но в любом случае точность построения карты рельефа не превышает 1%. При этом машина выдает изображение двух полос дна шириной в три глубины. Иными словами, если, например, глубина фарватера 50 м, то на мониторе можно будет получить трехмерное изображение двух полос поверхности дна по 150 м каждая с двух сторон судна — похоже на изображение газонов вдоль дороги.

Прибор будет исследовать дно при прокладке трубопроводов, фарватеры в неизвестных районах, состояние подводных сооружений — может, например, найти в них трещину. Он может также находить затонувшие корабли, подводные лодки и другие подвижные объекты — пловцов или крупных обитателей морских глубин. Но все это он умеет делать только «на ходу» — с борта движущегося судна.

Сейчас конструкторы разрабатывают новую гидролокационную систему со сканирующими антеннами. Вот она-то и сможет работать с неподвижной точки, например с берега, и контролировать акваторию — выискивать акул, подплывших слишком близко к пляжу, и пловцов-акванавтистов.

В 2001–2002 году Западную Европу потрясла очередная вспышка коровьего бешенства — прионного заболевания крупного рогатого скота. В опасности оказались не только коровы. Прион, возбудитель коровьего бешенства, вызывает болезнь у кошачьих, зоопарковых жвачных и у человека. Клинические признаки коровьего бешенства — исхудание, затрудненные движения, слюнотечение, расквашивание головы. Через несколько месяцев после того, как признаки появляются, больные животные погибают. Человеческий вариант заболевания называют новой формой болезни Крейтцфельда–Якоба (БКЯ). Больной приходит в угнетенное состояние, быстро теряет способность ходить и глотать, слепнет и впадает в кому. Обе болезни неизлечимы, а достоверный диагноз в большинстве случаев можно поставить только после смерти больного. Новая форма БКЯ отличается от классической и тем, что поражает не старых, а молодых людей (средний возраст больных — 29 лет) и тянется долго — 14 месяцев. Особая опасность заключается в том, что между заражением и болезнью проходит от 10 до 60 лет, и за это время носитель может заразить других людей через кровь, например, если он донор.

Распространение болезни произошло через мясокостную муку, которой кормили скотину и которую Великобритания продолжала производить и продавать в огромных количествах целых восемь лет после первых случаев заболевания. Теперь все страны, которые покупали эту муку и британский скот, сидят на «прионовой бомбе». Хотя продажа английской мясокостной муки нынче запрещена, многие страны сами ее производят, не проверяя ее на наличие прионов. Кроме кормов, опасность представляют зараженные хирургические инструменты, аппаратура или прием бычьего гормона роста. Вот почему все фармакологичес-

кие препараты (даже косметические) бычьего происхождения давно и повсеместно запрещены. Люди могут заразиться через вакцины, для приготовления которых используют бычьи ткани, клеточные культуры или сыворотки. В международной практике уже существует список стран (реально неблагополучных или с неударительным надзором за прионными заболеваниями), из которых производителям биопрепаратов не рекомендуется получать сырье для производства вакцин. Однако некоторые компании игнорируют запреты и продолжают использовать материалы бычьего происхождения из стран, входящих в черный список.

Большинство стран контролирует мясо жвачных, белковые препараты и корма, но пищевые добавки до сих пор остались практически безнадзорными. Свободно продаются американские добавки и пилули «Brain-360», «Brain Essential», «Adrenal-Cortex Fraction» и некоторые другие, в состав которых входят компоненты бычьего мозга или гипофиза. Добавки для спортсменов включают гомогенаты бычьих костей, желез и других тканей в таких количествах, что для заражения новой болезнью Крейтцфельда–Якоба достаточно одной пилули.

Ситуация очень серьезна и потому, что в дело замешаны деньги. Запрет продажи мяса и огромного количества продуктов животного происхождения приносит большие убытки и ставит под угрозу благополучие животноводов в рамках всего ЕС. Кроме того, контроль выполнения всех запретов также требует немалых средств. Пример тому — производство мясокостной муки. Во-первых, оно решает проблему утилизации отходов, а по европейским стандартам в отход может уйти до 2/3 общей массы убойного скота. Во-вторых, продажа мясокостной муки приносит колоссальные доходы, а использование ее в качестве корма обеспечила интенсификацию животноводства в Европе с конца 70-х годов. Сейчас применение мясокостной муки для откорма скота запрещено, но ее нелегально подмешивают в другие корма, например в рыбную муку. В Российской Федерации, как и во многих других странах, введен весьма дорогостоящий лабораторный контроль ввозимой продукции; доля фальсифицированных партий кормов, в частности рыбной муки, содержащей ингредиенты из жвачных животных, достигает 10–13%.

По мнению исследователя проблемы прионных заболеваний В.В.Макарова, экономические, социальные, эпидемиологические последствия «прионной эпопеи» в Европе должны послужить серьезным уроком для работающих во всех отраслях, которые направлены на создание новых, необычных технологий и продуктов, затрагивающих живые системы. Что

же касается животноводства, то на родине прионных инфекций крупного рогатого скота, в Великобритании, уже начинают сомневаться в целесообразности сверхинтенсивных технологий в животноводстве. По-видимому, страны ЕС вернутся к более традиционному и более гуманному типу ведения хозяйства. Все-таки каннибализм у жвачных — это противоестественно. Коровы не должны есть коров даже во имя прогресса.

## ВИРУСОЛОГИЯ

### Вакцина, которую надо жевать

В 1980 году Всемирная организация здравоохранения объявила о победе над натуральной оспой. Двадцать лет спустя встал вопрос о возможности ее возврата. Российские ученые уверены, что эффективно защитить человека от смертоносного вируса может только вакцина, и такая вакцина в нашей стране есть.

Хотя натуральной оспой больше не болеют, ее вирус на планете остался. Официально его коллекции сохраняют только Россия и США, однако нельзя поручиться за то, что вируса нет в лабораториях других стран, прежде всего в тех, которые не подписали конвенцию о запрещении разработки, производства, хранения и применения биологического оружия. А если есть вирус, то есть и вероятность, что в результате несчастного случая или террористического акта он окажется на свободе. По мнению академика РАМН А.А.Воробьева, вирус натуральной оспы — главный кандидат на роль биологического оружия. Прививки от оспы перестали делать в 1980 году, и 90% населения планеты не имеет иммунитета. Между тем человек очень чувствителен к вирусу оспы, который передается воздушно-капельным путем, так что заразиться им (или заразить других) легко. Смертность от оспы у непривитых людей достигает 30%, а эффективного лечения вообще нет. Российские ученые считают, что оспопрививание надо возобновить, но сложность в том, что старую вакцину и диагностические препараты уже перестали производить. К тому же процедура вакцинации была довольно неприятная и давала много осложнений. К счастью, существует новая вакцина, созданная и всесторонне проверенная российскими учеными под руководством А.А.Воробьева.

Новая живая осповакцина представляет собой таблетку, которую надо тщательно разжевать. Обычно это делают под наблюдением специалиста. Вакцину проверяли почти 30 лет на животных и на людях, и теперь есть возможность

сравнить ее действие со старой вакциной. Вирус натуральной оспы размножается в клетках кожи, которые воспаляются и отмирают, а на коже остаются рубцы — оспины. Вакцину раньше тоже наносили на кожу, поэтому те, кто родился до 1980 года, имеют на предплечье характерные отметины. После вакцинации нередко были осложнения, кожные или неврологические. У 6000 человек, прожевавших таблетку, осложнений не было, равно как и рубцов или язвочек во рту, пищеводе или кишечнике. Только на слизистой оболочке рта иногда возникают единичные мелкие вздутия размером до 3 мм, которые не изъязвляются и вскоре бесследно исчезают. Таблетка не противопоказана больным язвой желудка или двенадцатиперстной

кишки, пациентам с ослабленным иммунитетом, в том числе недавно перенесшим операцию, — напротив, вакцинация частично восстанавливает повреждения слизистой желудка и кишечника и нормализует иммунный статус. Исследователи два года наблюдали за сотрудниками биологических лабораторий, которые обязаны регулярно делать прививку против оспы. Общая заболеваемость в группе людей получавших таблетки, была в два раза меньше, чем у сотрудников, которым наносили вакцину на кожу. По-видимому, вакцина стимулирует образование интерферона.

В 1972–1973 годах таблетированная вакцина прошла испытание в эпидемическом очаге натуральной оспы в Эфиопии. Она оказалась в 58 раз эффективнее накожной формы, помогала даже в тех случаях, когда человек принимал таблетку во время инкубационного периода (он уже заражен, а симптомов болезни еще нет), и ее применение привело к прекращению эпидемии в очаге. Таблетка — наилучшее средство в чрезвычайных ситуациях, когда пациентов много, а врачей мало. За час можно раздать таблетки 728 человекам, причем при минимальном участии квалифицированного медицинского персонала (традиционным способом можно привить не более 50 человек).

Таблетированная вакцина имеет и другие преимущества. Раз не надо царапать кожу, нет и риска передачи «шприцевых инфекций», таких, как СПИД, вирусные гепатиты, сифилис, а привитый таким образом человек, не имея на коже язв, не представляет опасности для окружающих.

Техническую документацию на таблетированную живую осповакцину (она называется ТЭОВАК) утвердили контрольные органы сначала Минздрава СССР, а затем Минздрава РФ, и она получила статус резервного препарата. Теперь самое время использовать ее для массовых прививок против оспы.

## МЕДИЦИНА

### Хламидии провоцируют атеросклероз



*Повышенное содержание холестерина в организме — общепризнанная причина развития атеросклероза. Однако наличие липидов — условие необходимое, но недостаточное. По мнению ученых из НИИ экспериментальной медицины РАМН, болезнь развивается при активном участии возбудителей инфекций, живущих в организме. Исследование поддержано РФФИ.*

Атеросклероз начинается с отложения липидов в сосудистой стенке, поэтому медики, обсуждая причины возникновения болезни, в первую очередь обращают внимание на обмен веществ и содержание в организме липидов, в том числе печально известного холестерина. Но в последние годы ученые обнаружили, что при достаточно высоком уровне холестерина в крови можно иметь чистые сосуды, если с помощью генной инженерии «убрать» из организма ключевые факторы, отвечающие за развитие воспаления в клеточной стенке вокруг липидных отложений. С другой стороны, низкий уровень холестерина не гарантирует от появления атеросклеротических бляшек. Поэтому причины развития атеросклероза вновь оказались в центре внимания как зарубежных, так и российских исследователей. В частности, в лаборатории атеросклероза им. Н.Н.Аничкова НИИ экспериментальной медицины РАМН в последние годы изучают роль возбудителей инфекции в образовании склеротических бляшек. Ученые работают с фрагментами поврежденных сонных артерий, получаемых во время операций по реконструкции сосудов, и с сосудами людей, умерших от ишемической болезни сердца.

В дыхательных путях многих людей обитает инфекционный внутриклеточный паразит хламидия (*Chlamydia pneumoniae*). Ученые давно заметили, что люди, зараженные этой хламидией, в 2–4 раза чаще страдают ишемической болезнью сердца. Паразитов часто находят в стенке сосудов рядом с атеросклеротическими бляшками. Их хорошо видно на окрашенных срезах поврежденных тканей. В зоне липидных пятен российские ученые обнаруживали хламидий более чем в 60% случаев, при этом атеросклеротические поражения были сильнее выражены, чем в отсутствие инфекции. В то же время в здоровых артериях паразитов практически нет.

Клетки артериальной стенки одинаково реагируют и на образование липид-





ных бляшек, и на присутствие паразитов, которые размножаются в мышечных клетках сосудов. Организм откликается на оба фактора каскадом реакций, которые вызывают иммунное воспаление и в конечном счете придают процессу хронический характер. При этом уже не имеет принципиального значения уровень липидов в крови. Иммуновоспалительный процесс, начавшись, прогрессирует за счет саморегуляции.

Все это, однако, не означает, что уровень холестерина в крови вообще никакого значения не имеет. Одного только присутствия возбудителей инфекций в стенке артерий для развития атеросклероза недостаточно. Правда, трудно себе представить ситуацию, когда в сосудистой стенке будут хламидии, но не будет липидов: развитие хронической инфекции в сосудах неизбежно приводит к повреждению клеток, а на поврежденной стенке обязательно возникнут липидные бляшки даже при нормальном уровне холестерина в крови. Конечно, если холестерина слишком много, процесс пойдет гораздо быстрее.

По мнению исследователей, роль инфекции в возникновении атеросклероза требует тщательного изучения. Это поможет разработать более эффективную стратегию лечения болезни. В первую очередь это касается широко распространенных методов хирургической коррекции. Если не принять во внимание, что стенки аорты могут быть заражены хламидиями, инфекция попадет в пересаженный кровеносный сосуд и болезнь начнет быстро прогрессировать. В то же время, подчеркивают ученые, было бы ошибочно свести атеросклероз к проблеме воспаления без учета роли липидов в его развитии.

## БИОИНФОРМАТИКА

# Бессмертные мыши: компьютер против карпа

*Российские ученые (Московская межинститутская лаборатория компьютерной генетики, отдел генетики метаболизма, доктор биологических наук М.А.Арцельский) нашли ген, увеличивающий продолжительность жизни млекопитающих как минимум в несколько раз.*

По сообщению ИТАР ТАСС от 23 января 2003 года, в университете Южного Иллинойса умерла знаменитая мышь с библейским именем Мафусаил, прожившая в два с лишним раза дольше, чем обычные мыши. Мафусаил скончался в возрасте 4 лет 11 месяцев и 3 недель — это эквивалентно 180–200 годам чело-

веческой жизни. Почему один из многих лабораторных грызунов отказался стареть и умирать в положенный срок, было непонятно. Сотрудники лаборатории предположили, что причиной могло быть «выключение» гормона роста Мафусаила, спонтанное или связанное с генетическими экспериментами, в которых участвовали мыши, или пониженное содержание в организме долгожителя инсулина и глюкозы.

В поисках разгадки многие вспоминали эксперименты десятилетней давности, когда сразу две группы исследователей получили трансгенных мышей-долгожителей («Nature», 1993, т.362, с.411.). Еще тремя годами раньше был открыт ген, который позволяет некоторым позвоночным животным с холодной кровью (рыбам, черепахам) достигать рекордной продолжительности жизни и расти до самой смерти. Ген белка лонгевина, который оказался ответственным за пожизненный рост, принадлежит не самому карпу, а бактерии *Campylobacter limnia*, которая обитает в слизи на чешуе карпа. Но когда лонгевин ввели мышам, произошел курьез: мыши облысели и покрылись чешуйками вроде тех, которые в норме растут у них только на хвостах, но бессмертными зверьки не стали. Долголетия им удалось достигнуть лишь тогда, когда выяснилось: лонгевин активен в комплексе с собственным белком карпа тифонином. Мыши, получавшие такой димер, действительно жили дольше.

Ген *t1h*, кодирующий тифонин, был найден и у других рыб, и у рептилий, но не у млекопитающих. Трансгенные мыши, в чьих организмах синтезировался тифонин, стремительно росли, достигали веса в 300 г, однако умирали от остановки сердца, не прожив и пяти месяцев. Причина, как оказалось, была

в том, что тифонин нестабилен при температуре тела теплокровного животного. Термостойкий вариант белка создал английский генетик М.Монд с сотрудниками методом сайт-специфического мутагенеза. Более изящное решение нашли японцы: Я.Кавагучи из Токийского университета клонировал

ген тифонина карпа кои, обитающего в горячих источниках. Мыши с таким тифонином выросли всего в полтора раза больше, чем их обычные сородичи, зато прожили более четырех лет — последняя из них скончалась в 1995 году, причем не от старости, а от пневмонии.

После этого исследователи из Московской межинститутской лаборатории компьютерной генетики, созданной в 2002 году, задались вопросом: коль скоро тифонина у человека и мыши нет, а Мафусаилы среди мышей и людей попадают, значит, у млекопитающих реализуется какой-то иной механизм.

Известно, что в некоторых породах и в некоторых семьях долгожители встречаются чаще. Чтобы разработать алгоритм поиска, ученые воспользовались статистическими данными о влиянии наследственности на продолжительность жизни. Они предположили, что, вероятнее всего, «ген долголетия» должен быть редким вариантом (аллелем) некоего гена, отвечающего за метаболизм глюкозы. («Химия и жизнь» не раз писала о том, как углеводный обмен влияет на продолжительность жизни.) Этот ген может накапливаться в небольших популяциях (у тех же кавказских горцев), но в некоторых случаях он возникает заново (первый долгожитель в роду), — значит, речь идет о точечной мутации. Таким образом был создан «портрет подозреваемого»: ген фермента, участвующий в метаболизме глюкозы, с точечной мутацией в активном центре и еще некоторыми важными особенностями. Поиск в базах данных оказался результативным: подходящих аллельных генов нашлось всего несколько десятков. Один из них, кодирующий фермент глюкозо-6-фосфатазу, в котором метионин заменен на лейцин, оправдал надежды исследователей.

В лаборатории доктора биологических наук М.А.Арцельского был создан мышинный вариант этого гена с аналогичной мутацией. Трансгенные мышата появились на свет в 1999 году — и до сих пор живы. Они не выросли такими огромными, как мыши Монда и Кавагучи, а в среднем даже мельче сородичей. Зато «долгожители» отличаются большой активностью во всех сферах мышинной жизни (самки до сих пор приносят потомство, которому, кстати, ген долголетия передается по законам Менделя) и отменным здоровьем. Среди них была выделена группа мучеников (или, наоборот, везунчиков?), которые все эти годы получали высококалорийную диету, включающую сахар, животные жиры и алкоголь. Достоверных изменений самочувствия у этих прожигателей жизни ученые не обнаружили.

«Через неделю мышам исполнится четыре года, — заявил Михаил Алексеевич Арцельский на пресс-конференции, состоявшейся в Институте биохимии и молекулярной генетики 24 марта 2003 года. — Это уже замечательно, но у нас есть серьезные основания считать, что это не предел». Какие практические последствия будет иметь эксперимент, сказать трудно. Однако М.А.Арцельский подчеркивает, что речь пока идет не о бессмертии, а всего лишь о значительном увеличении продолжительности жизни.

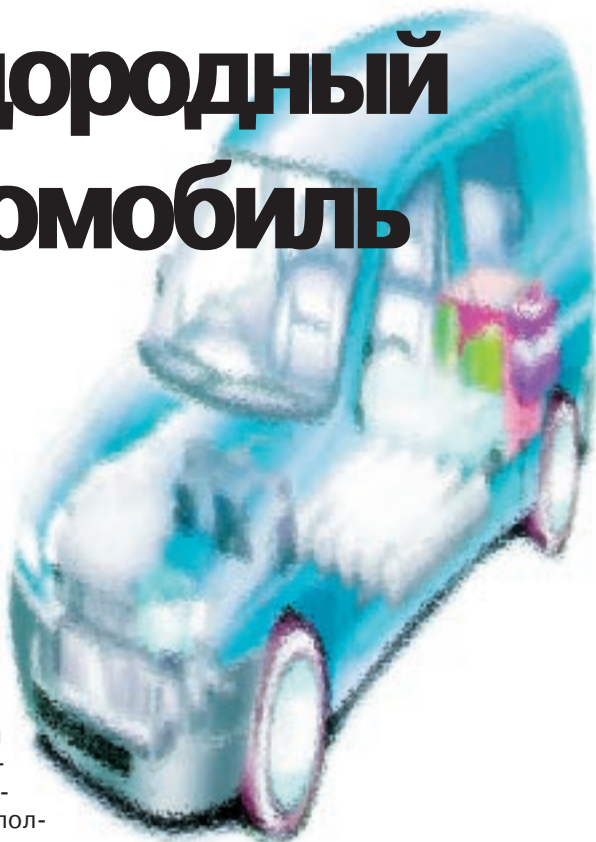


# Водородный автомобиль

# А

мерика поставила себе задачу: в ближайшие 10–15 лет избавиться от нефтяной зависимости. Единственный выход — как можно скорее запустить в серийное производство водородный автомобиль. Европа боится отстать, кроме того, европейцам приходится выполнять принятые у них нормы на выброс вредных веществ автотранспортом, которые все время ужесточаются. В 1993 году были введены нормы «Евро-1», в 1996 году — «Евро-2», в 1999 году — «Евро-3», а с 2005 года в Европе планируется ввести в действие еще более жесткие нормы — «Евро-4». В перспективе автомобилем совсем запретят выбрасывать вредные вещества, и тогда нельзя будет обойтись без машины, работающей на водороде. Автомобилестроение — это область, в которой как нигде перемешаны политика, интересы крупных корпораций, социология и экология (часто мнением экологов только прикрываются). Но каковы бы ни были скрытые интересы сторон, гонка за водородным автомобилем началась.

Главное препятствие к внедрению водородного автомобиля на топливных элементах — отсутствие инфраструктуры промышленного получения водорода в нужных объемах, систем его хранения, транспортировки и заправки автомобилей. По мнению американских специалистов, такую инфраструктуру удастся создать не раньше чем в 2020–2030 гг. На переходный период ведущие автопроизводители предлагают так называемые «гибридные автомобили»: в них экономичный двигатель внутреннего сгорания подзаряжает аккумуляторную батарею, которая питает электрический двигатель. Такие автомобили разрабатывают практически все ведущие автомобильные компании



(у нас — ГНЦ НАМИ) и уже серийно выпускают в Японии.

Россия в 1987 году присоединилась к Женевскому соглашению и теперь тоже обязана выполнять Европейские нормы выброса вредных веществ автотранспортом. И хотя у нас эти нормы вводят с некоторым опозданием («Евро-1» — с 1999 года, «Евро-2» — с 2001 года), «процесс пошел». В общем-то пора: в Москве и других крупных городах более 85% токсичных выбросов приходится на долю автотранспорта. Поэтому мы в гонке водородных автомобилей обязательно примем участие, тем более что когда-то наши разработки в этой области были на весьма высоком уровне: например, в 90-х годах прошлого столетия в ГНЦ РФ НАМИ сделали образец «Москвича», с двигателем, работающим на водороде, который получали прямо на борту из метанола. Более того, недавно на АвтоВАЗе сделали образец электромобиля, работающего на водородных топливных элементах.

## Немного техники

Классическая схема: двигатель внутреннего сгорания (ДВС) или дизельный двигатель приводят в движение колеса через механический привод. Нас окружают тысячи автомобилей, но мало кому приходит в голову, что их эффективность катастрофически мала. Если взять так называемые «условия

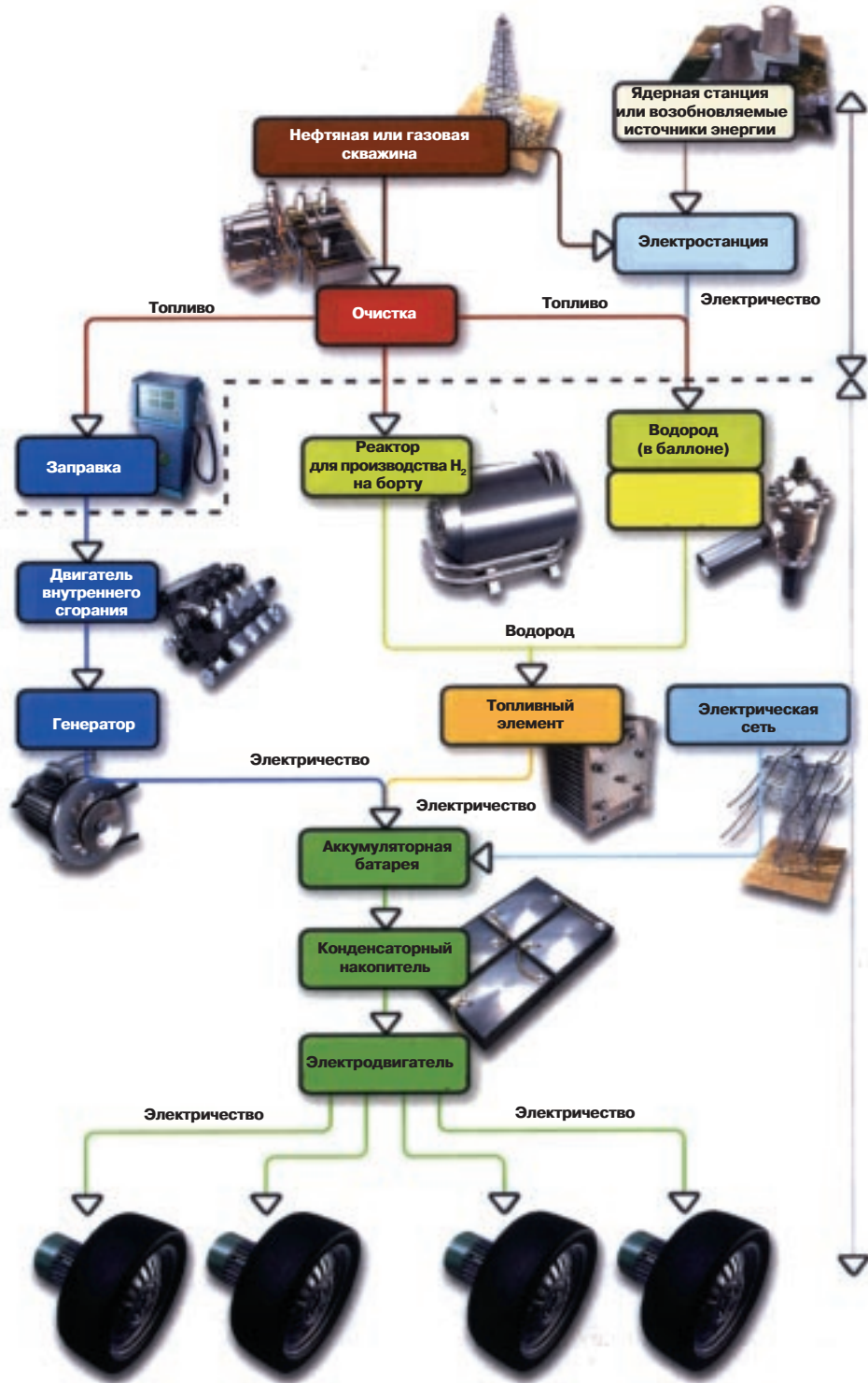
## Б.Лагутин

городского цикла движения», то общий КПД автомобиля — 10–12% (за городом, где меньше светофоров, 15–17%)! Девять литров бензина из десяти попросту улетают в атмосферу.

Автомобили на водородном топливе можно условно разделить на три класса: машины с обычным двигателем внутреннего сгорания, работающим на водороде или водородной смеси; машины с электрическим двигателем, питающимся от двигателя внутреннего сгорания, который работает на водороде (гибридные автомобили); с электрическим двигателем, питающимся от топливного элемента (электрохимического генератора).

Первый тип — это обычные карбюраторные или дизельные двигатели, у которых изменена система подачи топлива. Такие модели могут работать на чистом водороде, или 5–10% водорода добавляют к основному топливу. В обоих случаях КПД двигателя увеличивается (во втором случае примерно на 20%) и выхлоп становится гораздо чище ( $CO$  — уменьшается в полтора раза,  $CH_x$  — в полтора раза,  $NO_x$  — до пяти раз). Такие двигатели и автомобили были сделаны и прошли все испытания у нас и за рубежом примерно в 70–80-х годах. Дружный вывод ученых: учитывая все затраты и конструкционные сложности, это может быть только промежуточным, переходным этапом на пути к третьему типу.

Второй тип автомобилей — машины с двумя энергоносителями, или, как их называют, гибридные. Если идти снизу вверх, то колеса приводит в движение электропривод (схема 1), энергию ему поставляет буферный накопитель (это могут быть аккумуляторные батареи и механические или конденсаторные накопители) и высокоэкономичный двигатель внутреннего сгорания, работающий на водороде или на бензиновой или газовой смеси с водородом. У этого стратегического варианта развития автомобилестроения довольно много энтузиастов. Особенно привлекательным он становится, если отвлечься от водорода и просто скомбинировать электропривод с обычным двигателем внутреннего сгорания (или



дизельным). Дело в том, что сам по себе электродвигатель — большой шаг вперед, поскольку его КПД (преобразование электрической энергии в механическую) равен примерно 90–95%, в отличие от двигателя внутреннего сгорания (35%) и дизеля (40%). В случае электропривода нет таких потерь энергии, как при сложной механической передаче, кроме того, благодаря промежуточному устройству — рекуператору энергии, электродвигатель экономит и накапливает энергию (до 10%) во время замедления автомобиля, чтобы использовать ее при ускорении.

Электромотор питается от буферного накопителя энергии, который ее тоже откуда-то должен получать. Идея подзарядки от общей сети потихоньку сошла на нет (по крайней мере, этот способ надо комбинировать с другими). Действительно, непрактично через каждые 100 км по несколько часов заправляться. Инженеры пришли к тому, что на борту нужна маленькая электростанция. Здесь возможны варианты (см. схему). Электричество для подзарядки может, например, вырабатывать дизельный или обычный двигатель (на чем угодно:

газе, бензине, водороде и пр.). Общий КПД такого гибридного автомобиля увеличивается примерно до 30% (соответственно снижается расход топлива), а объем вредных выбросов, при условии, что есть нейтрализатор, позволяет уложиться в европейские нормы, действующие с 2005 года, с десятикратным запасом. И все же выхлоп «zero» можно получить только у третьего типа автомобилей.

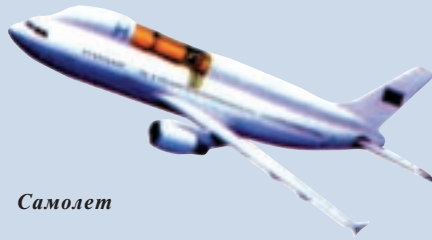
Настоящий водородный автомобиль — это машина с электродвигателем, который питается от топливного элемента, расположенного на борту автомобиля. Пока самые эффективные и экологичные топливные элементы — водородные (после окисления водород дает только воду), на основе твердого полимерного электролита (о нем см. ниже). Теоретически эффективность (КПД) топливного элемента, работающего на смеси водород—воздух, может быть больше 85%. Сейчас уже удалось получить около 75% — это более чем в два раза выше, нежели в лучших двигателях внутреннего сгорания. Кроме того, КПД таких машин, как и у всех электромобилей, увеличивается с уменьшением нагрузки (при замедлении происходит возврат энергии), в отличие от обычных двигателей, у которых в эти моменты эффективность падает. Если сравнить эффективность обычных автомобилей и машин с топливным элементом в условиях города, то преимущество увеличится до пяти-шести раз, поскольку последние будут иметь максимальный КПД, в то время как эффективность первых в этих условиях уменьшается до 10–12%.

## Вместо топливного бака

Общая схема понятна: электродвигатель, топливный элемент, водород для его работы (то есть нужен некий аналог топливного бака). Но в том-то и проблема, что водород в топливный бак не нальешь. Это на сегодня самая серьезная техническая трудность.

Ученые рассматривают довольно много вариантов. Например, можно хранить водород в аккумуляторах на

# Водород как топливо



Самолет

*Компания «Аэробус» разрабатывает самолет с двигателями, модифицированными под водород. Основная техническая проблема — как хранить баллоны с газом, которые занимают в четыре раза больше места, чем баки с керосином. В 2003 году «Боинг» обещал показать свой вариант самолета на водородном топливном элементе*

Автобусы



*«Даймлер-Крайслер» сделал 30 автобусов на водороде для 10 европейских городов. Они работают на топливном элементе 200 кВт и могут перевозить 60 пассажиров на расстояние 200 км*

Космические аппараты



*Топливные элементы уже очень давно основной источник энергии на обитаемых космических станциях. Жидкий водород также используют как топливо для ракет («Ариане V» нужно 25 тонн)*



Телефон

*«Toshiba» обещает к 2005 году запустить в продажу автономное зарядное устройство для телефона на базе топливного элемента с метанольным патроном. Подобное же устройство «Motorola» продемонстрировала уже в 2001 году*

Всем понятно, что запасы нефти и газа рано или поздно кончатся. Можно делать прогнозы, прикидывать, через сколько лет это произойдет, — кто-то остановился на числе 50, кто-то — на 70, а некоторые считают, что удастся протянуть еще лет сто. Но рано или поздно это случится. Последнее время именно элемент номер 1 таблицы Менделеева стал первым кандидатом на роль топлива будущего. Об этом говорят во всех развитых странах, в это вкладывают деньги. Водородная энергетика действительно очень экологична — первый элемент дает при сгорании только воду. Но существующие технологии (как производства самого водорода, так и получения из него электроэнергии) весьма далеки от совершенства.

Гиганты химической промышленности и сегодня уже получают по 500 млрд. м<sup>3</sup> водорода в год. Половина производимого количества идет на аммиачные удобрения, остальное — на производство стали, стекла, маргарина... В основном водород получают паровым риформингом природного газа: метан при высоких температурах (900°C) реагирует с паром в присутствии никелевого катализатора. Пока такой водород самый дешевый (его цена ниже, чем у электролизного, примерно в три раза). Исследования последних лет показывают, что цену водорода можно уменьшить еще в два раза: ИВЭПТ РНЦ «Курчатовский институт» вместе с предпри-

ятиями Госкомоборонпрома разработал плазмохимический метод получения водорода из природного газа, более дешевый и к тому же с лучшими экологическими параметрами производства. Но если через 10 лет мир начнет постепенно переходить на водородные топливные элементы, водорода надо будет делать намного больше. Если увеличить существующее производство в 25 раз, то это к 2050 году покроет только 20% энергетической потребности в топливе.

Есть и другие технологии получения водорода, помимо риформинга природного газа: например — электролизом, крекингом или из биомассы. Каждый из этих вариантов имеет свои недостатки. Например, переработка биомассы (древесины, соломы): ее

нагревают до 500–600°C, после чего получаются спирты — этанол, метанол, которые, в свою очередь, превращаются в водород. Можно нагреть биомассу до более высоких температур (1000°C), тогда она полностью превратится в газ и получится смесь H<sub>2</sub> и CO. Проблема в том, что сырья для такого процесса понадобится очень и очень много. Если, например, всю плодородную землю Франции пустить на выращивание биомассы, то водорода, полученного из нее, не хватит даже для того, чтобы покрыть ее потребности в бензине для ныне существующих автомобилей.

Казалось бы, самый простой способ получения водорода — электролиз воды. Результат — водород и кислород. Но в целом эффективность этого процесса не

очень велика: надо потратить 4 кВт, чтобы получить 1 м<sup>3</sup> водорода, который даст 1,8 кВт в топливном элементе. Тем не менее электролиз воды довольно перспективен, и ему наверняка найдут применение. Во-первых, можно использовать энергию атомной станции в часы слабой нагрузки (когда энергия все равно вырабатывается и оказывается невостребованной) или, в конце концов, возобновляемые источники энергии (солнечные батареи, энергию ветра, прилива и прочие). Во-вторых, эта технология активно развивается: электролиз для большей эффективности можно проводить при повышенном давлении или температуре, что и пытаются сделать ученые.

Сейчас биологи активно разрабатывают еще одно на-

основе гидридов интерметаллических сплавов (TiVaFe, CuNi и др.), из которых постепенно высвобождается по мере надобности чистое вещество. Но при этом варианте масса водорода в общем объеме вещества (так называемое аспектное число) составляет всего 5%, к тому же возникает проблема со скоростью высвобождения водорода. Можно хранить водород в

жидком виде. Но во-первых, это требует охлаждения до близких к абсолютному нулю температур (соответственно вырастает стоимость), а во-вторых, направленный таким образом автомобиль должен как можно оперативнее израсходовать свое топливо. Очень перспективное направление — хранение водорода в наноструктурах (углеродных нанотрубках), однако эти

исследования находятся пока в начальной стадии.

Наиболее перспективным ученые считают хранение водорода в баллонах высокого давления — более 350 атм (аспектное число до 18% при давлении выше 500 атм) или получение его прямо на борту из другого топлива (метанола или жидких углеводородов: бензина, дизельного топлива

Скутера



«Mojito FC» — одна из первых моделей, которая работает на топливном элементе. Она может проехать 200 км с максимальной скоростью 56 км/час. Двигатель и баллон с водородом (300 бар) весят чуть больше десяти килограмм



Нагревательные котлы на топливных элементах

Пять штук мощностью 4 кВт уже испытывают в разных французских городах. Предполагается, что в ближайшие 10 лет во Франции они заменят традиционные нагревательные котлы и возьмут на себя основную нагрузку по обогреву квартир



Компьютер

В Германии уже начинают выпускать компьютеры, у которых в качестве источника питания — топливный элемент, подпитывающийся от картриджа с метанолом. Такая система обеспечивает десять часов бесперебойной работы переносного компьютера. Фирма «Casio» также работает над подобными системами

правление. Некоторые бактерии и водоросли в процессе фотосинтеза разлагают воду и выделяют водород. Проблема в том, что они делают это только в отсутствие кислорода, соответственно процесс длится очень короткое время. Задача ученых — с помощью генной инженерии продлить этот период, тогда солнечные районы нашей планеты были бы обеспечены водородом.

Параллельно с техническими проблемами получения водорода надо решать и другие: создавать специальную инфраструктуру, обеспечивающую его хранение и перевозку. Это тоже весьма непростая и недешевая задача, поскольку водород горит и взрывается. Когда в серийном производстве появится водородный автомобиль, именно это станет лимитирующей стадией его внедрения.

Несмотря на трудности, по-видимому, в повседневную жизнь всех граждан скоро войдут топливные элементы на водороде. Слишком велики ставки, слишком большие вложены деньги в их разработку. Приоритетные направления исследований западных фирм — топливные элементы малой мощности (от 500 Вт до 5 кВт) для портативных компьютеров, маленьких автомобилей, домов, а также средней мощности (200 кВт) — для общественного транспорта. Пока они далеки от совершенства и стоят недешево: для автомобиля — в двадцать раз дороже стандартного двигателя, а для обогрева дома — в двенадцать раз дороже своего аналога. Но процесс идет настолько интенсивно, что европейцы обещают через четыре года выбросить на рынок водородный топливный элемент для обогрева дома всего за 6000 евро.

и пр.) в специальных каталитических реакторах (аспектное число около 10%). Такие системы разработаны в ГНЦ НАМИ и при разумных габаритах обеспечивают запас водорода для пробега в несколько сотен километров. У наших ученых есть и другие перспективные решения. Например, ИВЭПТ РНЦ «Курчатовский институт» совместно с рядом российских пред-

приятий разрабатывает малогабаритный каталитический конвертер для плазменно-каталитического получения водорода на борту автомобиля из жидких углеводородов. Если все получится как задумано, то можно будет использовать уже существующую «бензиновую» инфраструктуру для электроводородного транспорта.

В хранении водорода наши ученые

## Другой взгляд на проблему

Идея использования водородного топлива базируется на желании уменьшить выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Но при этом совершенно не учитывают, что при производстве водорода нужно затратить энергию, получение которой сегодня связано с выделением  $\text{CO}_2$ . Кроме того, в рамках современных способов  $\text{CO}_2$  выделяется и при получении водорода. Например, паровой риформинг природного газа происходит так:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ . То есть на каждые 8 г водорода мы получаем 44 г  $\text{CO}_2$ . Еще хуже с биомассой — по моим оценкам, на 1 молекулу  $\text{CO}_2$  выделяется всего 1–2 молекулы водорода. «Чистым» с этой точки зрения можно считать только разложение воды при помощи энергии или бактерий. Первое и дорого, и тоже связано с производством  $\text{CO}_2$ , второе пока малопродуктивно и не может сыграть заметной роли в ближайшем будущем.

Надо также учитывать, что для топливных элементов нужен очень чистый водород. Он не должен содержать  $\text{CO}$  даже в следовых количествах ( $\text{CO}$  — яд для топливных элементов). В то же время, при получении водорода почти всегда получается его смесь с  $\text{CO}$ . Полная очистка от  $\text{CO}$  — отдельная задача, предполагающая реакцию на платиновых или золотых катализаторах (пусть и в ничтожных количествах), и опять же потребление энергии, что соответственно увеличивает сопутствующий выброс  $\text{CO}_2$ .



ТЕХНОЛОГИИ

также имеют довольно большой опыт. Многие элементы инфраструктуры снабжения водородом разработали и применяли в аэрокосмической отрасли, и теперь их можно использовать для развития водородного автотранспорта. Баллоны высокого давления, созданные для авиационно-космической техники, с минимальными изменениями подойдут и для автомобилей.

1  
«Mark 900» — батарея топливных элементов  
фирмы «Ballard Power Systems»



Так, наши инженеры уже испытали супербаллоны для давлений 250–350 атм. и теперь пытаются увеличить максимальное давление.

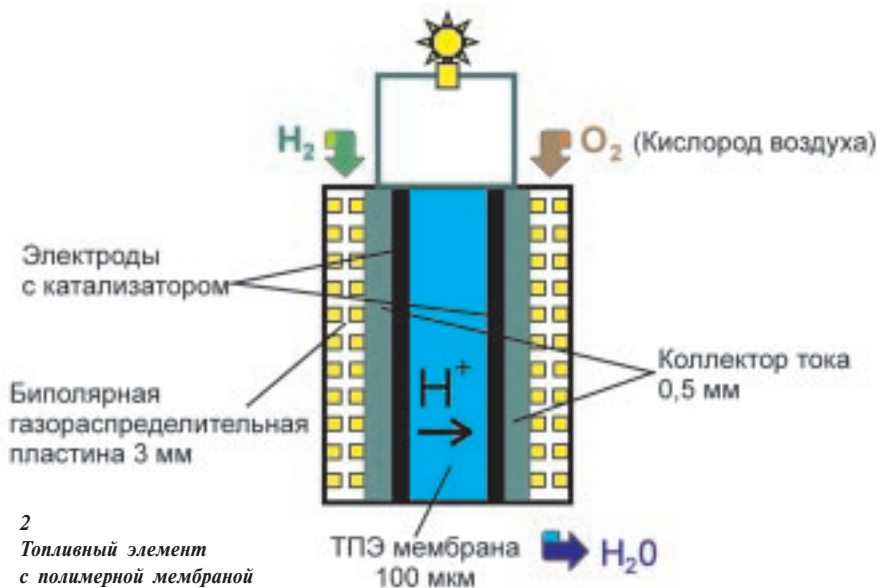
В новом автомобиле конструкторы сталкиваются и с другими проблемами. Так, машина (прежде всего кабина) должна иметь систему водородной безопасности: автокаталитические автономные дожигатели и детекторы водорода.

Во многих наших институтах велись исследования, результаты которых можно было бы собрать и использовать в водородном автомобиле. Пока нам не угнаться за ведущими автомобильными компаниями мира в производстве электромобилей на водороде, но, используя передовые отечественные разработки — водородные топливные элементы, бортовые системы хранения (баллоны на базе углеродных волокон) и системы водородной безопасности (высокопористые мембраны с каталитическим покрытием), — вполне можно было бы собрать и создать отечественный электроводородный автобус или автомобиль за три — пять лет. Такую программу разрабатывает правительство Москвы, и в ней участвуют ГНЦ НАМИ, РКК «Энергия», РНЦ «Курчатовский институт» и ряд других институтов.

## Топливный элемент

Топливный элемент, работающий на водороде, — одна из ключевых деталей в новом автомобиле. Топливный элемент, или электрохимический генератор, преобразует химическую энергию в электрическую. То же самое происходит в электрических аккумуляторах, но в топливных элементах есть два важных отличия: 1) они работают до тех пор, пока поступает топливо; 2) химический состав электролита в процессе работы не изменяется, то есть топливный элемент не нужно перезаряжать.

Топливная батарея (рис. 1) состоит из многих десятков элементарных



ячеек, каждая примерно в сантиметр толщиной. Только так можно получить необходимые силу тока и напряжение. Каждая ячейка (рис. 2) состоит из двух электродов, разделенных электролитом. На один электрод (анод) подводится топливо (водород), на другой (катод) — окислитель (кислород воздуха). Необходима также система удаления продуктов реакции (воды) и отработанного воздуха. Для ускорения химической реакции поверхность электродов покрывают катализатором. Катод и анод разделены электролитом (им может быть полимер или раствор), который пропускает ионы и не пропускает электроны. На аноде водород распадается на электроны и протоны. Последние проходят через электролит и достигают катода, где соединяются с кислородом — образуется вода. Электроны движутся к внешней части ячейки, где попадают в электрический контур, куда можно подсоединять нагрузку.

Существует много разных топливных элементов, в основном они различаются типом электролита и рабочей температурой. Самый перспективный топливный элемент, который предполагается использовать в новых автомобилях, — это элемент с твердой ионообменной мембраной (proton exchange membrane fuel cell, или сокращенно PEMFC). Твердый электролит имеет множество преимуществ: его не растворяет образующаяся при работе элемента вода, его просто делать в промышленном масштабе. Более того, элемент на твердом электролите работает при относительно низких температурах (80°C) и соответственно не требует предварительного прогрева. С другой стороны, и КПД

при таких температурах меньше, чем при повышенных.

Самая большая проблема с топливным элементом — его цена. Когда-то она была высокой в основном из-за платины (катализатора), покрывающей электроды. За последние двадцать лет ее количество, необходимое для топливного элемента, уменьшилось в 100 раз, и ученые хотят сократить ее еще в два раза. Теперь самая дорогая часть — это электролит, мембрана «Nafion», которую делает американская фирма «Дюпон». Сейчас она стоит около 700 евро/м<sup>2</sup>, а на батарею для среднего автомобиля (объем 90 л и вес 60 кг — дает примерно 60 кВт) нужно десятки квадратных метров такого полимера. Естественно, ученые пытаются всеми способами удешевить этот материал и заставить его работать при более высоких температурах (150–200°C).

У нас во многих институтах занимаются фундаментальными исследованиями, которые могли бы стать основой отечественного компактного топливного элемента. Это ИВЭПТ РНЦ «Курчатовский институт», ИЭЛ РАН, НИХФИ им. Карпова и другие. Более того, санкт-петербургский НПО «Пластполимер» выпускает проверенную мембрану МФ-4СК, которая в несколько раз дешевле аналогичной американской «Nafion». Ее можно использовать в топливных элементах, опытные образцы уже есть.

В общем, топливный элемент на водороде вполне готов к применению. Остались мелочи — сделать его поменьше и подешевле.

# Процесс пошел



ТЕХНОЛОГИИ



3  
Пилотные образцы автомобилей с топливными элементами: «Necar-5» («Daimler-Chrysler») и «Jeep-400» («Ford»).

Один из мировых лидеров в разработке твердотопливных элементов для экологически чистого наземного транспорта (батареи мощностью до 280 кВт) — канадская фирма «Ballard Power Systems», созданная в 1979 году. Она уже предоставила свою продукцию (рис. 1) фирмам «Daimler-Chrysler», «Ford Motor», «GM», «Honda», «Hyundai», «Nissan», «Volkswagen», «Toyota» для испытания в их автомобилях. Более того, «Ballard Power System» и «Daimler-Chrysler» сделали и успешно испытали несколько образцов городского автобуса и автомобиль (рис. 3) на водородных топливных элементах. Для развития и внедрения этой технологии в 1997 году создано совместное предприятие XCELLSIS («Daimler Chrysler» — 51,5%, «Ford Motor» — 21,8% и «Ballard Power Systems» — 26,7% акций) со стартовым капиталом 1 млрд. долларов и задачей за четыре-пять лет наладить промышленное производство водородного транспорта: легковых автомобилей, автобусов, грузовиков.

Евросоюз выделил Исландии 60 млн. евро, чтобы она в ближайшие 5–10 лет перешла на водородное топливо, — эта

страна станет своего рода полигоном. Газовые трубы, теплотрассы и котельные уйдут в прошлое — энергия станет производиться прямо на заправочных станциях или в квартирах из воды. Отходы будут состоять только из воды...

Австралийское правительство объявило тендер на проведение технико-экономического исследования: можно ли использовать водород в качестве основного вида топлива в национальной энергетике. Итоговый документ должен быть представлен до 31 августа 2003 года. Предварительные результаты будут рассмотрены на международной конференции по водородной энергетике в мае.

Эстонское правительство выделило 218 тыс. евро на разработку стационарных топливных элементов на твердых оксидах (SOFC). Подрядчиком контракта стала созданная в 2001 году частная фирма «Elcogen AS», которая вложила в проект еще 300 тыс. евро. В работах примут участие специалисты Национального института химической физики и биофизики, а также Института химической физики университета Тарту. Разра-

батываемые топливные элементы предназначены для электро- и теплоснабжения жилых домов и небольших коммерческих и промышленных предприятий. В качестве топлива планируется использовать природный газ.

В ежегодном обращении к нации 28 января 2003 года президент Буш объявил о выделении дополнительных 1,2 млрд. долларов на развитие водородной энергетики и топливных элементов. Новая инициатива, получившая название «Freedom Fuel», рассчитана на пять лет и призвана кардинально снизить зависимость США от импорта нефти. Главные усилия в этот период будут направлены на коммерциализацию автомобилей на топливных элементах. В 2002 году на эти цели уже было выделено 500 млн. долларов. Таким образом, суммарный бюджет программы развития водородной энергетики «Freedom Car and Fuel» составит в США в ближайшие пять лет 1,7 млрд. долларов. Помимо топливных элементов программа включает весь комплекс технических вопросов, связанных с производством, хранением и доставкой водородного топлива.

В декабре 2002 года «Toyota» и «Honda» вручили премьер-министру Японии ключи от первых серийных автомобилей на топливных элементах. Г-н Коидзуми лично опробовал машины обеих фирм. По его словам, они мало отличаются в управлении от обычных, но практически бесшумны. Почти одновременно «Honda» поставила аналогичные автомобили мэрии Лос-Анджелеса. Стоимость машин пока еще в 40 раз превышает цену на их аналоги с двигателями внутреннего сгорания.

Источники:  
[www.fuelcelltoday.com](http://www.fuelcelltoday.com);  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

Редакция благодарит зам. директора ИВЭП РНЦ «Курчатовский институт» С.В.Коробцева и зав. отделом ГНЦ РФ НАМИ профессора, д.т.н. В.Ф.Каменева за помощь в подготовке этого материала

## Алмазная электроника

*J. Isberg et al., «Science», 2002, v.297, p.1670*

Графит и алмаз — две основные кристаллические модификации самородного углерода, и поскольку энергетически более выгоден графит, то алмаз встречается редко. А вот у кремния и германия, то есть близких углероду химических элементов, энергетический минимум соответствует алмазоподобной структуре, и аналога графита у них нет.

Для использования материала в полупроводниковой технике нужно, чтобы в чистом виде при комнатной температуре он представлял собой диэлектрик, но его можно было бы превращать в полупроводник, вводя в него примесь. Бездефектный, чистый алмаз по своим физическим характеристикам идеален для электроники, и его иногда даже называют полупроводником XXI века. Но природные алмазы обычно содержат много дефектов и загрязнений (не говоря уже об их высокой стоимости). Значит, необходимо создавать искусственные алмазы нужного качества.

Теоретические основы решения этой задачи заложили в 30–40-е годы советские физики О.И.Лейпунский и Д.А.Франк-Каменецкий, а первый рукотворный алмаз в 1955 году получили американцы, которые прикладывали к графиту давление порядка 100 тыс. атм при температуре около 2000°C (в присутствии катализаторов). Теперь это хорошо освоенная технология, с помощью которой формируют алмазники субмиллиметровых размеров; их применяют в абразивных инструментах как сверхтвердое покрытие. Однако дефекты в строении и малый размер таких частиц препятствуют их использованию в электронике.

Есть пути синтеза алмазов, не требующие экстремальных условий: осаждение на поверхности затравочного кристалла атомов из углеродсодержащего газа, например метана (этот подход активно развивал академик Б.В.Дерягин, сто лет со дня рождения которого отметили в прошлом году), а также плазмохимический метод. Однако получаемые такими способами алмазы — не монокристаллы, то есть они состоят из отдельных, по-разному ориентированных зерен диаметром 1–10 нм, что ухудшает их характеристики.

Подобные поликристаллические структуры возникают, когда используют неуглеродную подложку, скажем чистый кремний. Но в последние годы научились получать полированные алмазные поверхности размером в сантиметры, и теперь шведские и английские материаловеды стали выращивать на них толстые монокристаллические пленки путем осаждения атомов из углеводородной плазмы. Важно, что электрической проводимостью полученных алмазов можно управлять, просто добавляя в плазму атомы бора, которые служат в кристалле дырками.

Такие алмазные полупроводники собираются использовать в электронике больших мощностей и высоких частот. В созданных на их основе микросхемах можно будет достичь большей миниатюризации, кроме того, они способны работать при температуре в несколько сотен градусов, тогда как кремниевые — только до 150°C.

Кстати, в 1996 году обнаружили, что если облучать многослойные фуллерены в течение часа электронным лучом при температуре 700°C, то можно вызвать преобразование внутренних слоев углеродных «луковиц» в алмазоподобные структуры. И.В.Пономарева и Л.А.Чернозатонский из Института биохимической физики РАН предложили конкретный сценарий этого

явления и подкрепили его расчетами.

Они рассмотрели четырехслойные фуллерены  $C_{60}-C_{240}-C_{540}-C_{960}$ . При их бомбардировке электронами углеродные оболочки частично разрушаются и в них образуются дыры, а выбитые, освободившиеся атомы мигрируют в сердцевину луковицы. Затем дыры начинают затягиваться, при этом оболочки сжимаются, из-за чего центральная область испытывает огромное сдавливание; в результате там образуется алмаз. Вот такой фуллереновый микропресс («Письма в ЖЭТФ», 2002, № 7–8, с.532).

И еще: синтетический алмаз очень перспективен как материал для электродов, и электрохимия алмаза быстро развивается («Электрохимия», 2002, № 12, с.1427).

## «И СВЕТ ВО ТЬМЕ СВЕТИТ...»

*S.Coe et al., «Nature», 2002, v.420, p.800*

«...И тьма не объяла его». В 1923 году советский физик О.В.Лосев заметил, что если пропускать через карбидокремниевые радиотехнические детекторы электрический ток, то появляется зеленовато-голубое свечение. И хотя его интенсивность была ничтожной, стало ясно, что в полупроводниках может идти преобразование электрической энергии в световую. Сорок лет спустя из фосфида галлия были созданы первые настоящие светодиоды, излучающие красный свет.

Принцип их действия прост: если каким-то способом перевести электроны на более высокий энергетический уровень (скажем, в зону проводимости), а затем дать им возможность перескочить на более низкий (в валентную зону), то при каж-





дом таком электронном переходе может рождаться фотон. Проблема в том, чтобы добиться нужной длины волны, а также большого квантового выхода излучения.

Сейчас быстро развивается органическая электроника, и уже появились (например, в мобильных телефонах) маленькие цветные дисплеи на полимерных светодиодах. В них идет флуоресценция при переходе электронов с одного уровня на другой, причем можно добиться нужной частоты света. Их недостаток заключается в широте спектральной полосы излучения — из-за вращательных и колебательных движений атомов в генерирующих свет молекулах она составляет 50–100 нм. Кроме того, в полимерах лишь меньше половины электронных переходов приводит к испусканию фотонов.

Специалисты из Массачусетского технологического института преодолели эти препятствия, создав многослойную систему, сэндвич. В нем свет излучает слой нанокристаллов из селенида кадмия (CdSe) толщиной всего в несколько нанометров. Он заключен между двумя органическими слоями, служащими проводниками соответственно электронов и дырок. Нанокристаллы представляют собой квантовые точки, или «искусственные атомы», обладающие дискретным набором энергетических уровней. Приложенное электрическое поле заставляет электроны и дырки идти навстречу друг другу, и они встречаются в квантовых точках, где происходит их рекомбинация. Спектр излучения получается узким, поскольку частоту фотона определяет выделенная энергия квантовой точки.

Разработана технология получения подобных сэндвичей, когда сначала растворяют нанокристаллы в органике, а затем добиваются разделения фаз, причем происходит самосборка — нанокристаллы располагаются на поверхности полимерного слоя. Эффективность ре-

комбинации в такой гибридной системе по сравнению с чисто полимерной возросла в 25 раз, и открыт путь к ее дальнейшему росту.

## На прицеле — раковые клетки

*V.M.Weaver et al., «Cancer Cell», 2002, v.2, p.205*

Успех борьбы с раковой опухолью зависит от того, насколько полно в результате терапии будут поражены злокачественные клетки. Поскольку лекарственные средства обычно направлены на то, чтобы побудить такие клетки совершить апоптоз (самоубийство), нужно узнать, какие факторы на него влияют. Американские цитологи выяснили, что один из самых важных — это пространственная организация клеток и их взаимодействие с внеклеточным матриксом.

Большинство видов рака человека связано с перерождением эпителиальных клеток, которые выстилают поверхность внутренних органов. В норме они привязаны к матриксу — эластичному белковому слою, образуемому так называемую базальную мембрану (не путать с липидной клеточной мембраной). Присоединенные к ней клетки изменяют свою форму, становясь асимметричными, полярными. Однако малигнизированные клетки отрываются от базальной мембраны и проникают через нее в другие ткани — способность существовать вне связи с мембраной и другими субстратами есть их отличительное свойство. Теперь показано, что оно же делает раковые клетки более уязвимыми к действию препаратов, вызывающих апоптоз.

Особенности поведения коллективов здоровых и раковых клеток можно наблюдать в культуре. Когда клетки содержат в среде с компо-

нентами базальных мембран, то нормальные их представители образуют маленькие мешочки, окруженные мембраной, а раковые — просто хаотические скопления (без мембраны). И если в культуру добавить соединения, индуцирующие апоптоз, то будут поражены именно раковые клетки.

Исследователи решили выяснить, будут ли совершаться апоптоз здоровые клетки, у которых повреждена их обычная пространственная организация. Для этого их выращивали на плоских подложках, то есть получали однослойные клеточные пленки, а межклеточную адгезию нарушали, блокируя действие ответственных за нее молекул (Е-кадхеринов). В результате здоровые клетки тоже становились чувствительными к действию лекарств, вызывающих апоптоз.

Важно, что разная степень эффективности химиотерапии не объясняется только тем, что клетки, упакованные тем или иным способом, в неодинаковой степени доступны молекулам лекарств. Оказалось, что само связывание клеток с базальной мембраной сопровождается таким воздействием на внешние клеточные рецепторы, которое вызывает внутриклеточный сигнал, влияющий на считывание определенных генов (это подтвердили, когда вместо элементов базальной мембраны вводили в культуру искусственные частицы, покрытые антителами к таким рецепторам). И уже работа генов определяет, вызовет лекарство гибель данной клетки или нет.

Теперь надо выяснить, так ли обстоит дело с опухолями человека. Если да, то, возможно, именно эти клеточные рецепторы станут новой мишенью для противораковых средств.

Кстати, нагрев (гипотермия) оказывает более сильное цитотоксическое действие на опухоль, чем на здоровые ткани, — при 42°C наблюдают гибель даже тех злокачественных клеток, которые проявляют высокую

устойчивость к другим видам воздействия («Цитология», 2002, № 11, с.1079).

А онкологи из Мичиганского университета исследовали вопрос о группах генов, которые участвуют в перерождении клеток в случае рака предстательной железы человека. Ранее, с использованием ДНК-чипов, было показано, что при этом процессе выключается значительно больше генов, чем включается (возможно, это подтверждает гипотезу, что рак — возвращение клеток к более примитивному состоянию, даже к эволюционно более древней их форме).

Начинается все с доброкачественных новообразований, но затем постепенно может пойти трансформация клеток, при которой большие группы генов становятся неактивными. Исследователи обнаружили, что фактором, заставляющим замолчать многие гены, служит белок EZH2. Сейчас рак простаты выявляют по наличию в крови специфического антигена PSA (prostate-specific antigen), но медики хотят научиться прогнозировать развитие опухоли — им нужно знать, когда она перестает быть локальной и обретает способность формировать метастазы, и здесь содержание белка EZH2 может стать важным индикатором (*S.Warabally et al., «Nature», 2002, v.419, p.624*).

Другая группа американских исследователей выявила корреляцию между нарушением суточного ритма и образованием опухолей. У мышей этим ритмом заведует ген *mPer2*, и наблюдения за грызунами, у которых дефектны обе копии гена, показали, что они подвержены раку. Видимо, основные внутриклеточные процессы, в том числе и те, что приводят к делению клеток, имеют суточную периодичность; поэтому сбои этого биоритма могут приводить к серьезным патологиям. Значит, и прием лекарств надо более точно согласовывать с показаниями биологических часов («Cell», 2002, v.111, p.41).

Подготовил  
Л.Верховский

Уже более века химики полностью владеют рынком красителей. Поэтому утрата их монополии на производство синего красителя — индиго, если такое случится, окажется весьма примечательным событием. А случиться это может в не очень отдаленном будущем, ведь конкуренты наступают с трех сторон. Тут и природный индиго, и биосинтетический, и даже совсем не индиго, а синий трансгенный хлопок, которому вообще никакие красители не нужны. Каковы силы атакующих и почему индиго вдруг привлеч такое внимание?



Вайда красильная

# Индиго

## нестареющий и невыцветающий

А.С.Садовский

### Краситель всех времен и народов

Чтобы сделать красивую ткань любого цвета, достаточно трех красителей — красного, синего и желтого. Все остальные цвета получаются в результате их смешивания. Древний красный краситель — это ализарин (см. «Химию и жизнь», 2002, № 7). А столь же древний синий — индиго. В старину ими красили больше трех четвертей всех тканей.

Молекула индиго состоит из двух конденсированных оксипроизводных индола. Собственно индиго как такового в растениях-«индигоносах» нет. Ведь даже цветы у них не обязательно синие, а, как правило, желтые. В стеблях и листьях присутствует лишь его половинка, полупродукт индоксил, и то связанный с глюкозой в виде гликозида индикана. В ходе извлечения и ферментации высвобождается именно индоксил, а уже при окислении на воздухе две его молекулы превращаются в краситель.

Индиго — это органический пигмент, почти ни в чем не растворимый. Для крашения ткани сначала получают «куб» — раствор соли бесцветной восстановленной енольной формы этого вещества, которая называется лейкоиндиго. При крашении ткань вбирает ее, а при сушке на воздухе она вновь окисляется до индиго. В природе есть цветы и насекомые синего цвета, но этот цвет им придают другие красящие вещества. Они не растворимы в воде, их трудно извлечь и тем более использовать в качестве красителей.

Индигоносами могут служить довольно много видов растений из разных се-

мейств, которые распространены по всему земному шару. Зачем они накапливают индикан в столь значительных количествах (0,5–1,5%), сказать трудно. В глубокую старину европейцы извлекали индиго из вайды красильной (*Isatis tinctoria*), ее родиной считают юг России. Но в эпоху развитого колониализма этот промысел исчез, индиго стали привозить из Индии, отсюда и название синей краски. Здесь, а потом и в других южных колониях развели громадные плантации индигоноски красильной (род *Indigofera*), из нее получалось в три раза больше красителя, чем из вайды.

У индиго есть и родственники, только не синего, а красного цвета. Самый известный — тирийский пурпур, он же диброминдиго. Его добывали, выдавливая сок из желез морских моллюсков *Murex brandaris*. На одно животное приходится 0,1–0,01 мг красителя, поэтому его хватало лишь на ритуальную одежду высшей власти.

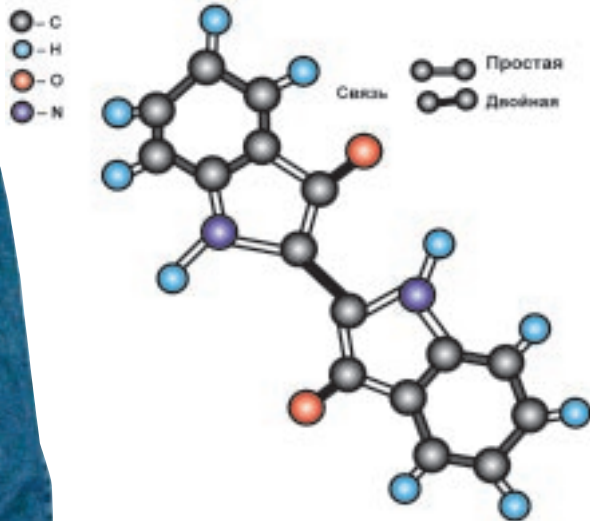
### Торжество интеллекта

Теперь от плантаций индигоносов, не говоря о промысле моллюсков, почти ничего не осталось. На смену природному веществу в конце XIX века пришел дешевый синтетический краситель. А. фон Байеру (нобелевский лауреат 1905 года) после восемнадцати лет упорной работы в 1883 году удалось выяснить структуру индиго, а уже спустя семь лет К.Хейманн предложил вполне экономичный способ его получения. Этот синтез из анилина через фенилглицин лежит в основе современного производства.

Выпуск красителя составляет порядка 80 тысяч тонн в год, в денежном выражении это около миллиарда долларов, или десятая часть оборота всей отрасли. Только на окраску ткани denim («джинсовки») в год расходуются 16 тысяч тонн индиго.

Индиго — родоначальник большой группы кубовых красителей, которые удается синтезировать. У некоторых из них есть природные аналоги, но сами они практического интереса не представляют. Вот, например, индирубин, он же «индиго красный», несимметричный изомер синего красителя. В виде примеси он часто сопровождает индиго. Нетрудно сейчас получать и пурпурный диброминдиго, но прочность его окраски оказывается хуже, чем у других, более дешевых, синтетических красителей. Прочность окраски индиго также не очень высока, однако это дешевое вещество. Частицы красителя химически стойки, но при трении могут механически стираться, что и придает ткани вошедший в моду джинсовый стиль (см. «Химию и жизнь», 2002, № 3). Порой, «живую» окраску потертой сразу имитируют специальными обработками. Этот стиль нравится людям, поэтому немецкие джинсы из немнущейся ткани, покрашенной очень стойким кубовым красителем индантеном, не прижились.

Индиго и в истории химической технологии занимает особое место. Это был локомотив промышленного органического синтеза, тянувший за собой многие полупродукты и процессы. Синтетическое индиго в этом плане сравнивали со способом получения соды



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

по Леблану для неорганики. Однако в начале XXI века стали появляться мысли о том, что имеет смысл отказаться от его синтеза.

### Есть ли путь назад?

В Англии сотрудники агрономической станции Бристольского университета уже несколько лет работают над проектом AICR по частичной замене синтетических красителей природными. Эта идея на первый взгляд кажется странной. Ведь синтетические красители популярны не только потому, что дешевы. Их список огромен и разнообразен. Красители, не имеющие природных аналогов, более технологичны, зачастую их окраска ярче и прочнее. Тем не менее энтузиасты, ставшие на тропу конкуренции, хотят обеспечить растительным сырьем все основные цвета: синий, желтый, красный.

Ситуация с красными и желтыми природными красителями совсем иная, чем с индиго. Они — гидроксиды антрахиноны вроде ализарина и флавоноиды, такие, как лутеолин, уже присутствуют в растениях в готовом виде. Их довольно легко извлекать из сырья водными растворами. Для получения в этом случае несмываемой, прочной окраски ткань нужно подготовить, а именно протравить. В этом-то и состоит первое слабое место природной технологии: индиго принципиально иной, кубовый, краситель. А одну и ту же ткань покрасить одновременно и кубовым, и протравным красителем невозможно. Получается, что даже минимальный ряд природных однопипных

основных красителей собрать нельзя. Значит, конкурентная война может быть только локальной.

Публикации борцов за природные красители обычно содержат общие фразы о сохранении нефти за счет перехода на возобновляемые источники сырья или об экологической чистоте производства. Однако производство красителей отнюдь не главный потребитель нефти, так что переход на другое сырье запасы ископаемых углеводородов нам не сэкономит.

Есть, правда, у этой задачки еще одно решение. Дело в том, что эксперты пришли к выводу о неэкономичности выращивания злаков или масличных культур в условиях Англии — готовую продукцию дешевле ввозить из-за рубежа. Освобождающуюся при этом землю и пахарей все-таки нужно чем-то занять. Отсюда, возможно, и происходит всплеск интереса к индигоносам умеренной полосы. Аграрная политика в ЕЭС непроста, заметим, что проект AICR получает финансовую поддержку к удовлетворению «зеленых». Нынче плантации индигоносов имеют не только в Англии, но в других местах Европы — от солнечной Италии до приполярной Финляндии. Этому благоприятствует и то, что природный индиго отнюдь не полностью вытеснен с мирового рынка. Производят его раз в сто меньше, чем синтетического, а применяют, например, для окраски коллекционных моделей джинсов или реставрации старинных тканей. Согласно опросам 5% потребителей в принципе готовы перейти на природный краситель, но при опросе им не говорили, что ткань, выкрашенная индиго из вайды, подорожает на 10%.

Авторы проекта надеются, что по мере совершенствования агротехники и кустарных способов переработки сырья экономические факторы будут выравниваться. Предпосылки для этого действительно имеются. Выход продукта из вайды можно поднять не только селекцией, но и выбором оптималь-

ных сроков выращивания культуры, так как накопление индоксильных производных зависит помимо прочего и от полученной дозы ультрафиолетового облучения. Кроме того, в отличие от тропической индигоноски, в вайде индоксил присутствует в виде двух производных: индикана и изатина, а их ферментативное разложение происходит в разных условиях. Если это учитывать, то из выращенного на склонах английских холмов растения удастся извлекать столько же красителя, что и из обитателя тропиков.

А вот с загрязнением окружающей среды при производстве красителя из растения все гораздо печальнее, чем кажется сторонникам «зеленых» методов. Специфика процесса такова, что место проведения ферментации, если все делать в соответствии со старинными рецептами, то есть замачивать в чанах, может превратиться в зловонную помойку. Именно эта стадия нуждается в серьезной доработке.

Получить индиго — полдела. Нужно еще суметь покрасить им ткань. Ведь краситель не растворим в воде и имеет вид суспензии. Потом требуется к обоим атомам кислорода добавить по атому водорода и, таким образом, восстановить индиго до растворимой лейкоформы. Это делают в щелочной среде чаще всего с помощью гидросульфита натрия. Правда, викинги, у которых никаких химикатов не было, получали красильный куб, поддерживая по наитию нужный pH раствора добавлением древесной золы. (Согласно одной из версий, если бы они не умели этого делать, музеи не могли бы демонстрировать элементы их одежды синего цвета. Да и Один имел обыкновение разгуливать по земле в плаще синего цвета. Впрочем, некоторые археологи считают, что ткань не красили на месте, а привозили с юга.) Это наводит на мысль, что без биотехнологии тут не обошлось, раз уж людям химическая технология была недоступна. И действительно, британские ученые из университета Ридинга обнаружили, что в красильной ванне, точнее, в осадке, который скапливается на ее дне, живут неизвестные ранее бактерии, которых назвали *Clostridium isatidis*. Другие виды

бактерий из этого рода доставляют человеку массу неприятностей, вызывая ботулизм, гангрену, сепсисы, гастроэнтерит и гастрит. *C. isatidis* непатогенна. Она восстанавливает индиго, превращая его в лейкоформу, что служит ей в качестве одной из стадий цикла пролучения энергии.

При всем этом остается неясным ответ на вопрос: раз выращивать хлеб в Индии дешевле, чем в Европе, неужели индигоноска оттуда окажется дороже английской вайды? Наверняка если уж пытаться делать краситель из растений, то возделывать их нужно там, где тепло, а заработная плата — низкая.

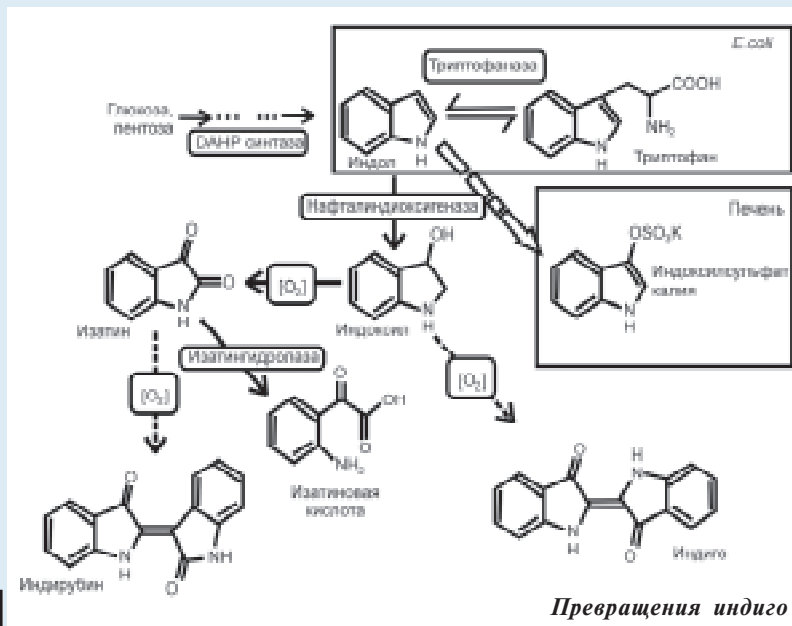
## Голубой индиго «зеленеет», не краснея

Под похожим заголовком примерно год назад, в марте 2002-го, прошла информация «Nature News» об успехах американской компании «Genencor» в создании штамма бактерии *E. coli*, пригодного для промышленного производства индиго. Биоиндиго «зеленее» синтетического, не в оптическом, а в политическом смысле — принято считать, что биотехнология оказывает меньшую нагрузку на окружающую среду. *Escherichia coli* — это, как известно, наш симбионт, то есть естественный обитатель кишечника.

Генная инженерия превратила эту живую палочку длиной всего 2 микрометра в стендовую установку. Внутри нее можно собрать целую технологическую схему примерно следующим образом. Для желаемого химического превращения на стороне ищут катализатор — фермент. Далее отработанными приемами вставляют кодирующий его отрезок ДНК в хорошо изученную ДНК *E. coli*. Выращивают трансгенные клетки и проверяют, заработали ли. Если нужно, деятельность ферментов корректируют, изменяя их строение теми же приемами вмешательства в ДНК. После отладки промышленный реактор (ферментер) начинают этими «ДНК-микросхемами» до нужной производительности.

Наиболее впечатляющее достижение генной инженерии — превращение *E. coli* в продуцента человеческого инсулина, что впервые американские биоинженеры сделали в 1978 году. Это было большим прорывом, ведь около четверти диабетиков не усваивают бычий инсулин, и раньше они были обречены на преждевременную смерть. Таких примеров много. Например, трансгенную *E. coli* также приучили делать для нас из углеводов одну из незаменимых аминокислот — триптофана.

При отладке подобной микротехнологической схемы для окисления



# Люди как индигоносы

Индигоносами нас вынуждает быть собственная микрофлора кишечника. Некоторые бактерии (включая *E. coli*) превращают нужный нам триптофан в метилиндол (скатол — это то, что имеет очень сильный фекальный запах) и индол (см. схему). Последний токсичен и обезвреживается в печени с образованием «животного индикана». Это калиевая соль сульфозфира индоксила, а не гликозид, как в растениях. Индоксилсульфат калия переходит в кровь и далее в мочу. В принципе его также можно превратить в индиго. Однако количество этого вещества невелико, и здоровый организм легко справляется с издержками симбиоза. При некоторых заболеваниях, например раке или брюшном тифе, баланс нарушается. Патологическое превышение нормальной концентрации индоксилсульфата в крови — это индиканемия, а в моче — индиканурия.

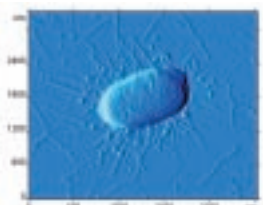
Заодно по схеме посмотрим, чем же мы отличаемся от ферментера с трансгенной *E. coli* (конечно, не с точки зрения производительности по индоксилу). Превращения, которые идут внутри нас, ограничены на схеме рам-

ками. По тому, как изображены углеводы, можно подумать, что наша «домашняя» *E. coli* не тратит нашу глюкозу. Это не совсем верно. Углеводы нашей палочке также необходимы, но только для роста и энергетических затрат, а в синтез индола она их не вовлекает.

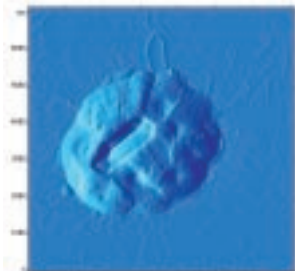
Штамм кишечной палочки, которая делает чисто-синий индиго, отличается от предыдущих тем, что в него еще «зашита» последовательность, кодирующая изатингидролазу, которую, так же как и ранее, позаимствовали у бактерии *Pseudomonas putida*. Этот фермент, обеспечивая окисление изатина до изатиновой кислоты, резко снизил образование индирубина, происходящее уже вне клетки в питательном растворе. Непредвиденным оказался кинетический фактор: промежуточные продукты превращения индоксила в индиго тормозят стадии образования индола из углеводов, частично блокируя DAHP-синтазу. В результате скорость всего процесса падает в два раза. Видимо, именно на корректировку этой стадии и будут направлены дальнейшие усилия микробиологов.

с помощью бактерии *Pseudomonas putida* нафталина в салициловую кислоту заметили, что питательный раствор, содержащий немного триптофана, синеет. Исследование показало, что при этом образуется индиго. Это не случайно, ведь синтез триптофана в этой бактерии идет через образование индола. А когда в дело вмешивается новый фермент, нафталиндиоксигеназа, то путь синтеза изменяется и вместо триптофана из индола как раз и должно в ко-

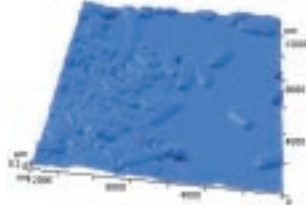
нечном счете получиться индиго. После того как в кишечную палочку, которая и так умела синтезировать триптофан, ввели позаимствованную у псевдомонады плазмиду с геном нафталиндиоксигеназы, получилась штамм *E. coli* для биосинтеза синего красителя. Правда, клетка не вышла на ожидаемую мощность, но, очевидно, специалисты рано или поздно сумеют добиться своего. А продуктивность штамма — решающий фактор, определяющий экономичность.



Так обычно выглядит кишечная палочка (M109)



Другой штамм кишечной палочки (S04)

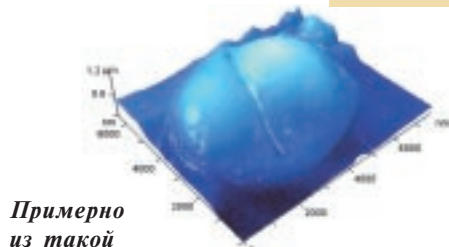


Кишечные палочки под зондовым микроскопом

Изображения бактерий получены с помощью атомно-силового микроскопа Nanoscope IIIa и любезно предоставлены научным сотрудником химфака МГУ Большаковой А.В. (см. Атлас бактерий по данным АСМ <http://www.nanoscopy.org>)



## ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА



Примерно из такой псевдомонады вынули ген, после пересадки которого кишечная палочка стала превращать триптофан в индиго

Теперь о том, почему индиго не краснеет. У предыдущего штамма *E. coli* индиго получался с примесью индирубина. Чтобы продукт не уступал очищенному синтетическому красителю, в клетку нового штамма добавили еще один кодируемый фермент и примесь убрали. Наверное, поспешили, ведь сейчас мода вроде бы пошла именно на голубые джинсы с красноватым отливом, что достигают, добавляя в куб кукурузный сироп. Возможно, это имитация цвета природного индиго. По крайней мере, индиго вайды содержит примесь индирубина.

ки компании «Agrocetus» пытаются заставить посинеть белый хлопок. Вникнуть в положение дел по патентной литературе было бы непросто и специалисту со стороны. Здесь в контексте с джинсами уместно вспомнить историю швейной машинки. Для того чтобы застолбить сразу весь способ машинного шитья, не нужно было патентовать швейную машинку целиком. Вполне достаточным оказался патент лишь на иглу, отличающуюся тем, что отверстие для нитки (ушко) расположено у нее вблизи острия. Последующие изобретатели всевозможных швейных автоматов обошли этот патент уже не могли. В истории джинсов тоже есть подобный эпизод, но не столь яркий по последствиям. Эта популярнейшая теперь форма брюк официально родилась в период «золотой лихорадки» 1873 года, когда Д.Дэвис и Л.Стросс запатентовали «5 заклепок» для укрепления швов у «поясных комбинезонов». Идея исходила от удачливых старателей, карманы которых отрывались под тяжестью золотых самородков.

Компания «Agrocetus» получила подобные патенты США, в которых заявлено, куда именно и каким способом

«вшивать» посторонние гены в ДНК хлопчатника. Сами же эти гены могут быть любыми. Уже сейчас в это растение встроен фрагмент, взятый от микроба *Bacillus thuringiensis*. Он вырабатывает биоинсектицид против хлопкового вредителя — лепидоптеры. Возможно, следует аналогичным образом взять что-то от растения с синими цветами. Правда, чем будет вызвана синева у хлопка, пока неясно. Если ориентироваться на индиго, то не следует забывать: раз этого вещества в растениях нет, то нет и готового гена, контролирующего его синтез. Сорта трансгенного хлопчатника выращивают в США и Австралии, но голубого среди них пока нет. Впрочем, никто не может утверждать, что этот хлопок не появится на поле уже через год.

Получается, что индиго был локомотивом для развития производства анилокарма, а теперь, как видно, превратился в платформу для геной инженерии и биотехнологии. Производство индиго может стать вторым после акриламида (см. «Химия и жизнь», 1992, № 8) случаем, когда микробиология и генетики в крупнотоннажном органическом синтезе потеснят химиков.

## Самокрасящийся хлопок

Природа сама создала цветной хлопчатник, но в ограниченном ассортименте — только зеленый и коричневый. По механическим свойствам он уступает белому, универсальному, и цветным хлопком занимаются меньше. Однако знатоки, наверное, знают о существовании коричневых джинсов «Levi's» из патентованной ткани «Fox Fibre». Она сделана как раз из такого хлопка, и по мере ношения натуральный цвет джинсов даже усиливается.

Разговоры о создании синего трансгенного хлопка идут давно, в том числе и среди противников трансгенных растений. Однако до сих пор не видно не только результатов, но и сведений о подходах к их достижению. Планка поставлена: качество, как у ткани деним. Денежное вознаграждение весьма велико, поэтому исследования имеют коммерческую направленность, и их проводят без лишней огласки.

Как можно понять из редких публикаций, для решения задачи сотрудни-



## Голубой салат

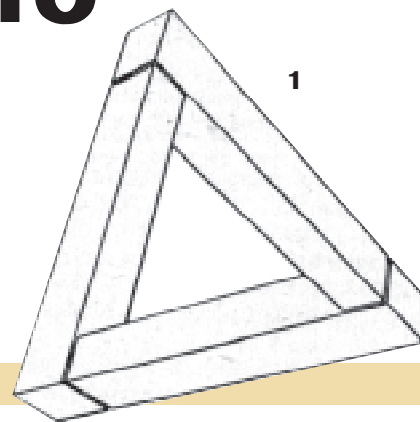
Поскольку вайда красильная — близкий родственник капусты, некоторые люди попробовали ее употреблять в пищу. В частности, Н.Г.Замятина из Ботанического сада Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова, автор извест-

ной книги «Кухня Робинзона», где приведены рецепты блюд из дикорастущих трав, считает, что салат из вайды красильной вполне способен украсить праздничный стол и заинтриговать гостей. Дело в том, что при недолгом стоянии порубленной зелени вайды в ее соке при участии майонеза идут процессы, которые разлагают гликозид-предшественник, и из его обломков формируются молекулы индиго. Они придают майонезу нежный голубой цвет, который и виден на фотографии. Хотя рецепт этого салата и не вошел в знаменитую книгу, ее автор неоднократно употребляла такую пищу, невзирая на необычный внешний вид. Еще бы, ведь индигоносы используют как лекарственные растения. Салат же делать просто: нарубленные листочки вайды, майонез и соль по вкусу.



# А король-то умный!

**Р. Пенроуз. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики.** М.: Едиториал УРСС, 2003, 384 с. Перевод с английского под редакцией В.О.Малышенко. Тираж не указан.



**И**звестного английского математика и физика-теоретика, члена Лондонского королевского общества, профессора Оксфордского университета сэра Роджера Пенроуза отличает очень широкий круг интересов, и они в полной мере отразились в его книге. Он, например, увлекается занимательной математикой — тут, видимо, сказалось влияние его отца-генетика, который тоже любил разгадывать головоломки.

В молодости на Роджера глубокое впечатление произвели работы голландского художника Мауриса Эшера (Эшера). Необычные геометрические находки Эшера породили новую ветвь сюрреализма — импоссибилизм (от латинского *impossibile* — невозможное). Роджер занялся построением невозможных фигур и придумал «трехбалочник» — нарисовал по всем правилам перспективы три соединенные балки, которые образуют не существующую в физической реальности конструкцию (рис. 1). Пенроуз рассмотрел ее с точки зрения теории зрительного восприятия и опубликовал свои выводы в психологическом журнале, а кроме того, написал статью «Роль эстетики в чистой и прикладной математике».

Вместе с отцом он изобразил лестницу, идя по которой человек не поднимался и не опускался — оставался на той же высоте. Эскиз такой невозможной лестницы они послали Эшеру, и художник использовал их идею в своих литографиях «Восхождение и спуск» и «Водопад».

К интересным результатам привело и другое, на первый взгляд не очень серьезное занятие Роджера — отыскание необычных видов паркетов, или наборов плиток, которыми можно замостить без пропусков всю плоскость. Скажем, квадратные плитки (или в форме правильных треугольников) дают повторяющиеся узоры, как бы правильные кристаллические решетки; есть фигуры (например, две трапеции, полученные разрезанием квадрата), из которых, варьируя способ укладки, можно

получить как периодические, так и непериодические мозаики.

Задача состояла в том, чтобы найти фигуры, из которых можно строить только непериодические узоры. Пенроуз сначала нашел обладающий таким свойством набор из шести видов фигур, а затем свел их число к двум. Возникающая мозаика действительно не имеет трансляционной симметрией, и в ней проявляется себя запрещенная в кристаллографии симметрия пятого порядка (рис. 2).

Эти изыскания Пенроуза и других любителей математических развлечений, посылавших свои соображения в раздел занимательной науки журнала «Scientific American» (его четверть века вел известный популяризатор Мартин Гарднер; кстати, с этого года опять выходит русский перевод этого журнала под названием «В мире науки»), вскоре привлекли большое внимание. Дело в том, что в 1984 году материаловец обнаружили в быстро охлажденном сплаве марганца и алюминия пяттерную симметрию. Такие атомарные структуры назвали квазикристаллами, и, видимо, они устроены наподобие непериодических мозаик Пенроуза. Кстати, Гарднер одну из своих научно-популярных книг, в которой подробно описана эта история, назвал «От мозаик Пенроуза к надежным шифрам» (М.: Мир, 1993) и посвятил ее изобретателю таких мозаик Роджеру Пенроузу.

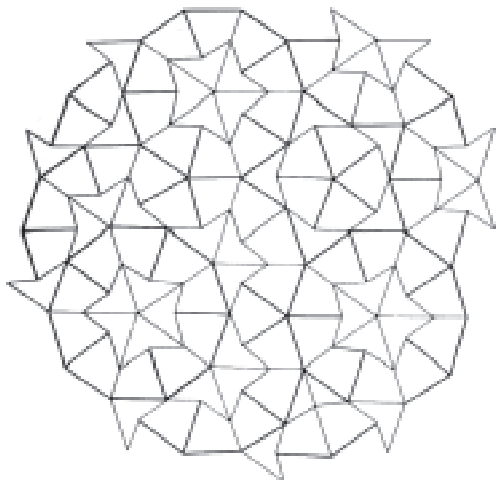
Вообще Пенроуз — теоретик ярко выраженного геометрического склада. Он всегда стремится облечь самые абстрактные идеи в наглядные образы, что проявилось и в основной сфере его деятельности. Почти сорок лет он работает над теорией «твисторов» — математических объектов, которые должны помочь объединить квантовую механику и общую теорию относительности, то есть привести к квантовой гравитации. По замыслу автора, твисторы, представляющие собой новый аппарат для описания структуры пространства—времени, станут фундаментом всей математической физики.

В этой концепции основными элементами считаются линии, а именно лучи света, проходящие через глаз наблюдателя (Пенроуз основывает свой подход на проективной геометрии — см. статью «Прообраз красоты мира» в «Химии и жизни», 1999, № 1). Если наблюдателя поместить в центр сферы, то каждый луч пересечет сферу в какой-то точке, а между точками сферы и плоскости, где вводится комплексное переменное ( $x+iy$ ), легко установить соответствие с помощью стереографической проекции (рис. 3), которую часто используют в картографии. Так комплексные числа, явно фигурирующие в квантовой механике, включаются в описание пространственно-временных координат.

Можно сказать, что Пенроуз озабочен сознанием. Обычно физики занимаются своими проблемами, не смешивая их с этим, как говорит философский словарь, «высшим уровнем психической активности человека как социального существа». Для них сознание — феномен, находящийся где-то на противоположном конце спектра наук (за химией и биологией). Пенроуз же убежден, что если известные законы природы не объясняют наличие в мире сознания, то это говорит об их принципиальной ущербности.

На эту же проблему обращает внимание и знаменитый американский физик Джон Уилер. «Представим, — говорит он, — что законы природы были бы другими, не допускающими появления жизни и сознания; тогда вся огромная Вселенная во все времена оставалась бы без свидетелей, и это как бы лишает ее смысла». По Уилеру, такого быть не могло, поскольку сознание — не побочный продукт эволюции материи, а неотъемлемое свойство физических существностей, так сказать, их оборотная сторона.

Ясно, что в классической физике сознанию нет места, а вот в квантовой дело обстоит сложнее — в ней, по мнению автора книги, есть много неясного; недаром глава, посвященная этой



2



КНИГИ

теме, называется «Квантовая магия и квантовое таинство». Пенроузу кажется, что переход от микро- к макрофизике, который еще плохо понятен, содержит нечто, что прольет свет на сознание. Вообще, он не удовлетворен нынешним состоянием квантовой теории и полагает, что последнее слово тут еще не прозвучало (в этом вопросе он солидарен с Эйнштейном, Планком, де Бройлем, Шредингером и другими создателями неклассической физики).

С целью подобраться к проблеме сознания английский ученый и предпринял свое интеллектуальное путешествие по многим областям современной науки. Его итогом стала книга «The Emperor's New Mind», то есть «Новый ум короля» (ее первое издание вышло в 1989 году с предисловием М.Гарднера, которое представлено и в русском переводе). В ней он охватил физику, космологию, кибернетику, вычислительную технику, логику, теорию алгоритмов и вычислений, нейробиологию. Не избегает автор и чисто философских проблем, причем среди мыслителей прошлого ему особенно близок Платон с его эйдосами — идеальными прообразами явлений физического мира.

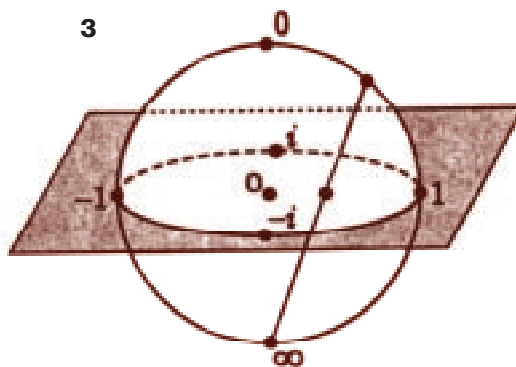
Книга начинается с рассмотрения мышления и попыток его моделирования. В 60-е годы, в период широкого распространения ЭВМ, была сформулирована задача создания искусственного интеллекта (ИИ), бурно обсуждалась тема «может ли машина мыслить?» (в нашей стране одним из горячих энтузиастов ИИ был директор киевского Института кибернетики академик В.М.Глушков). Но тут возникла опасность погрязнуть в бесплодных спорах — как сказал известный американский специалист Ричард Беллман, «сперва надо точно определить, что значит «может», что значит «машина», что значит «мыслить» и что такое вопросительный знак в конце».

А еще ранее один из первопроходцев теории вычислений англичанин Алан Тьюринг предложил тест для оп-

ределения наличия интеллекта: экспериментатор по каналу связи общается с неким объектом или субъектом и задает ему любые вопросы. Если по полученным ответам он придет к выводу, что его корреспондент разумен, и это в действительности будет ЭВМ, то все должны согласиться: ИИ существует.

По мнению Пенроуза, тест Тьюринга рукотворная система не выдержит никогда. Он считает, что мышление человека неалгоритмизуемо, что оно основано на какой-то неизвестной нам физике и потому применяемые сейчас подходы к построению ИИ не принесут успеха. Для вящего обоснования своего скептицизма он углубляется в тонкости теоремы Геделя о неполноте формальных систем.

Однако трудно согласиться с Пенроузом, что эта теорема как-то ограничивает возможности создания искусственного разума — ведь она не помешала возникновению естественного. Другое дело, что мыслящие машины, скорей всего, надо строить на какой-то другой элементной базе, да и принципы обработки информации должны измениться. Скажем, для имитации образного мышления, возможно, будут



3

использовать оптоэлектронику, голографию (см. статью «Мысли о мышлении» в «Химии и жизни», 1989, № 7).

(Любопытно, что сейчас компьютеры уже с Каспаровым на равных сражаются, а об ИИ говорить стали меньше, — видимо, постепенно пришло понимание разницы между шахматами, а также другими сложными, но все же формализуемыми задачами, и жизнью.)

Затем автор подробно обсуждает различные аспекты квантовой механики, теории относительности и космо-

логии. Наконец, пропуская биологию (не приводя даже изображения вездесущей двойной спирали ДНК), он переходит к мозгу, описывает различные модели его работы. Тут Пенроуз опять приходит к проблеме сознания и в новом ракурсе обсуждает замешанные в нем квантовые явления, в том числе возможность параллельных вычислений, реализуемых гипотетическими квантовыми компьютерами.

(Кстати, в 80-е годы идеи о связи сознания с квантовыми эффектами развивал наш известный биофизик Е.А.Либман. Он полагал, что в клетках — нейронах, да и других — действуют молекулярные квантовые компьютеры, а главную роль в них играет цитоскелет, микротрубочки, по которым распространяются волны, формирующие голограммы.)

Существующие научные теории Пенроуз делит на три категории: превосходные (полностью подтвержденные), полезные (кое-как работающие) и пробные (поисковые, гипотетические). Автор пишет, что у него было искушение ввести также четвертую категорию и назвать ее, скажем, тупиковые, но он не сделал этого из-за боязни потерять половину своих друзей. Ко многим широко распространенным, модным теориям он относится весьма критично, да и свою теорию твисторов включает в пробные.

В целом книга достаточно хорошо отражает всю глубину нашего незнания как в проблеме сознания, так и в других фундаментальных вопросах, и это должно вдохновить исследователей на новые поиски (а то уже стали поговаривать о конце науки — см. № 6 и 8 нашего журнала за прошлый год). Попутно Пенроуз рассказывает и об уже решенных проблемах, но, будучи активно работающим ученым, везде вносит что-то свое. Он не только роет вглубь, но и постоянно подымается в гору, чтобы охватить взглядом общую картину.

Как говорил Д.С.Лихачев, «ученый не тот, кто знает, а тот, кто понимает». Пенроуз из тех, кто стремится понять.

**Л.Каховский**

*История не повторяет себя: Россия — не Америка, и в России никогда не могли сосуществовать группы обделенных друг на друга людей.*

Д.Лэнгдон-Дэвис. Россия переводит часы назад

Доктор биологических наук

**Л.А.Животовский,**

Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН



# Ламарк был прав

## 1. Идея Ламарка

Организм развивается, следуя заложенной в нем наследственной программе. Однако многие индивидуальные особенности обусловлены и влиянием окружающей среды, которые приобретаются в течение жизни особи. Передача их детям называется наследованием приобретенных признаков.

Гипотеза наследования приобретенных признаков была сформулирована Ж.Ламарком в начале XIX века: если в изменившихся условиях среды появилось или усилилось какое-либо свойство как прямая или опосредованная реакция особи на новые условия, в том числе обеспечивающее большую приспособленность этой особи к новым условиям среды, то такое свойство может передаться потомкам.

Ч.Дарвин вначале не согласился с гипотезой Ж.Ламарка: он полагал, что открытый им принцип естественного отбора позволяет объяснять приспособление к меняющимся условиям среды. А именно: что среди случайно возникающих наследственных вариаций (тех, что генетики потом стали называть «мутациями») могут найтись такие, которые будут «полезными» в данных условиях среды, и что они-то и будут сохранены естественным отбором.

Однако по прошествии многих лет после создания своей теории Ч.Дарвин пришел к выводу, что наличие сложных приспособительных признаков случайными вариациями объяснить невозможно, и принял идею Ж.Ламарка, дополнив ее гипотезой пангенезиса — некоего физиологического механизма, по которому изменения в органах и тканях, вызванные реакцией организма на окружающую среду, переносятся особыми частицами в половые клетки особи и становятся частью ее наследственных свойств.

## 2. Гипотеза Вейсмана

Идея наследования приобретенных признаков ясна и наглядна и потому всегда находила своих сторонников. Однако никаких доказательств ее во

Продолжение. Начало — в № 2, 2003

времена Ламарка и Дарвина еще не было. Более того, тогда уже накапливались данные из практики разведения домашних животных, говорящие как бы об обратном. В частности, было достоверно установлено, что «насильственные» внешние воздействия, такие, как, например, укорочение хвоста или ушей у домашних животных, не приводят к развитию у потомков признаков «короткий хвост» или «короткие уши». Такие эксперименты позволили Вейсману в 1885 году сделать вывод, что «наследование искусственно вызванных дефектов и потерь частей тела вполне отвергается».

Идее наследования приобретенных признаков Вейсман противопоставил свою гипотезу «непрерывности зародышевой плазмы», согласно которой преемственность поколений — это преемственность половых клеток (сперматозоидов и яйцеклеток). При этом наследственная информация, заключенная в оплодотворенной яйцеклетке (зиготе), обеспечивает развитие «надстройки» — соматических клеток, то есть тела. Обратный поток информации — от соматических клеток к клеткам зародышевого пути — этой гипотезой запрещался. Этот запрет получил название «барьер Вейсмана».

Важно подчеркнуть, что концепция Вейсмана была, вообще говоря, развита только для животных, у которых отделение клеток зародышевого пути и соматических клеток происходит на ранних стадиях эмбриогенеза. А у растений их отделение может происходить на поздних стадиях развития. Поэтому у них изменения, вызванные влиянием среды, могут остаться в возникающих половых клетках и затем передаваться потомкам. Кроме того, многие растения размножаются вегетативно — от корневых отпрысков и других частей растения. При этом вегетативное потомство наследует особенности той части, производным которой оно является.

## 3. Догма «барьера Вейсмана»

Практически весь XX век биология прошла под знаком «барьера Вейсмана».

Основной причиной было то, что центральное положение этой гипотезы — о защищенности генеративных клеток (сперматозоидов и яйцеклеток) от возможного влияния со стороны остальных структур организма — идеально соответствовало принципу «чистоты гамет», высказанному еще Г.Менделем и положенному в основу классической генетики, согласно которому гены не подвержены никаким изменениям. Несомненно, гипотеза «барьера Вейсмана» сыграла положительную роль в развитии генетического знания. Действительно, провозгласив принцип независимости наследственной информации от внешней среды, эта гипотеза освободила генетическое мышление от многих сложностей и во многом свела изучение организма к исследованиям в «пробирке». Появление принципиально новых методов экспериментальной работы на модельных объектах дало исследователям возможность сконцентрироваться на проблемах вновь открытой области науки, которая сейчас приносит замечательные плоды, — генетики.

Принципиально важно подчеркнуть, что, вопреки бытующему среди многих ученых мнению, Вейсман не был уверен в универсальности своей гипотезы. Так, она не отвергала наследование модификаций сложных, адаптивно важных реакций особей на среду. Вейсман сам прямо говорил о том, что его концепция умозрительна: «Моя теория зиждется, с одной стороны, на определенных теоретических предположениях... а с другой — на отсутствии реальных доказательств наследования приобретенных признаков. Она может быть опровергнута двояко — либо прямым доказательством того, что приобретенные признаки наследуются, либо существованием явления, которое не объясняется больше ничем, кроме как тем, что такие признаки наследуются». Таким образом, Вейсман обратился к будущим поколениям ученых, предлагая им искать экспериментальные доказательства. Однако его объективное отношение к собственной гипотезе было предано забвению, а предполагаемый им «барьер» между генеративными и соматическими клетками был в дальнейшем возведен в непререкаемую научную догму.





## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Следует подчеркнуть, что в науке всегда существуют догмы, которые не доказаны, но признаны большинством ученых — до тех пор, пока новые факты не заставляют принять эти догмы как доказанный научный факт или сменить точку зрения. Но пока этих фактов нет, устоявшиеся догмы владеют умами ученых. При этом другие взгляды не допускают до широкой научной общественности. Именно это происходило с гипотезой наследования приобретенных признаков. Попытки некоторых исследователей доказать основные постулаты ламаркизма не только не встречали поддержки, но и вызвали активное противостояние, что приводило порой к трагическому исходу. Вспомним историю П. Каммерера, обвиненного В. Бэтсоном в фальсификации и покончившего жизнь самоубийством. Обращаться к идее Ламарка стало психологически еще труднее после того, как в генетическом научном сообществе она стала ассоциироваться с отрицательным образом Лысенко. Зачастую и сейчас первая реакция на упоминание имени Ламарка и проблему наследования приобретенных признаков резко негативна.

Именно поэтому авторы книги об эпигенетическом наследовании, в названии которой есть слово «ламаркизм» (Jablunka and Lamb, 1999, — см. указания на научную литературу в конце статьи), написали в предисловии ко второму изданию: «Мы всё время ощущали, что наиболее спорная часть нашей книги — это ее название. «Ламаркизм» — все еще дурное слово в биологии, и мы задавались вопросом, не лучше ли было бы вовсе не употреблять его... Это же относится и к термину «наследование приобретенных признаков» — фраза «трансгенерационная передача индуцированных изменений» неслучайно была почти тот же смысл, но не вызвала бы подозрений и воспринималась бы гораздо спокойнее». Однако сейчас факты, многие из которых стали известны совсем недавно благодаря открытиям молекулярной биологии и о которых речь пойдет ниже, говорят о том, что Ламарк был прав и что передача приобретенных признаков и свойств — реальное явление.

## 4. Шаги к доказательству

Годы спустя под давлением фактов начался отход с позиций «барьера Вейсмана». Однако прямо признаться в этом сторонники гипотезы Вейсмана не желали и стали менять формулировки, лишь бы сохранить на словах саму эту гипотезу.

Первым шагом стало открытие в 1930–1940-х годах мутаций генов под действием внешних факторов — рентгеновского облучения (Г. Меллер) и

химических соединений (Ш. Ауэрбах и И. А. Рапопорт). Стало ясно, что среда может активно вмешиваться в гены и менять их. Однако мутационный процесс ненаправлен, то есть изменения могут быть как полезными, так и вредными или нейтральными, и потому генетическое сообщество приняло, что наличие мутаций не нарушает принципа «барьера Вейсмана».

С открытием строения молекулы ДНК в 1953 году был сформулирован молекулярный вариант гипотезы «барьера Вейсмана» в форме так называемой «центральной догмы» молекулярной биологии: однонаправленности потока информации от ДНК к РНК, а затем к белку. Это выражалось формулой ДНК → РНК → белок. Обратный поток информации — к ДНК — этой догмой запрещался. Но вскоре после этого возникла гипотеза обратной транскрипции: поток информации частично может идти и в обратную сторону — от РНК к ДНК. Высказанная в конце 1950-х годов Г. Теминым как объяснение наблюдавшимся фактам, эта гипотеза вначале подверглась жесточайшему научному давлению, пока через десять лет не был открыт фермент «обратная транскриптаза», а сам Г. Темин не получил за свое открытие Нобелевскую премию в 1975 году\*.

После этого центральную догму стали формулировать в форме ДНК ← РНК → белок, в которой теперь запрещался поток информации только от белка к РНК или к ДНК. Правда, уже имеются факты, которые говорят о том, что и эта формула, возможно, не безусловна.

Например, открыто так называемое РНК-редактирование, в процессе которого в информационной РНК некоторые нуклеотиды вырезаются и заменяются другими. В результате этого на измененной РНК синтезируется «правильная» аминокислотная цепь, которая не могла бы быть получена, не будь перед этим вырезаны «неверные» нуклеотиды. Но как ферменты узнают, какие нуклеотиды «те», а какие не «те» в генах развивающегося зародыша? Должна быть какая-то информация о «правильном» белке, по которой редактируется РНК. И кстати, установлено, что через обратную транскрипцию на редактированной информационной РНК может быть синтезирована ДНК-копия редактированного гена и затем встроена в геном организма. Но тогда все это вместе означало бы формулу ДНК ← РНК ← белок, то есть отсутствие барьера на пути передачи информации от белка к ДНК!

\* Первым ученым, высказавшим и затем экспериментально доказавшим идею обратной транскрипции, был советский генетик С. М. Гершензон. Это признано всем мировым научным сообществом. Нобелевским лауреатом он, однако, не стал. (Примеч. ред.)

Следующим этапом в доказательстве реальности наследования приобретенных признаков стало открытие наследования определенных функциональных состояний гена. Этот феномен получил название «эпигенетическое наследование».

Уже в 1930–1940-х годах генетики знали о том, что некоторые внезапно возникающие фенотипические изменения могут длительно передаваться в ряду поколений. Чтобы не связывать эти изменения с наследованием приобретенных признаков, их называли «длительными модификациями» и предположили не относить к наследственным. Однако последние открытия молекулярной биологии изменили эту точку зрения.

Сейчас доказано, что подобные длительные модификации могут быть вызваны изменением активности генов вследствие перестроек в хроматине, которые сохраняются в ряду митотических делений, а стало быть, при вегетативном размножении; это один из видов эпигенетического наследования (Jablunka and Lamb, 1999). Сами же эти перестройки возникают в ответ на действие среды. Например, яровизация прорастающих семян арабидопсиса или обработка их 5-азациитидином приводит к более раннему цветению растений, сохраняющемуся у вегетативного потомства; показано, что это обусловлено уменьшением уровня метилирования ДНК. Как правило, измененный уровень метилирования сохраняется лишь при митотическом делении. Но эпигенетические изменения могут стойко передаваться и при половом размножении. Так, известное со времен К. Линнея растение *Linaria vulgaris* с радиальной симметрией цветка (основная форма — с билатеральной симметрией) вызвана высоким уровнем метилирования в одном из ответственных за развитие цветка генов — особенность, стойко воспроизводимая в семенном потомстве.

Другой пример стойкого эпигенеза: изменение уровня метилирования участка ДНК вблизи гена «агути» вызывает наследуемые различия окраса среды генетически идентичных мышей. В наследуемые эпигенетические изменения может также вовлекаться комплекс ДНК-РНК и другие структуры. Эпигенетическими изменениями вызван и

«геномный импринтинг»; он обусловлен инактивацией гена, полученного от родителя определенного пола. В общем, эпигенетическая изменчивость уже давно интенсивно исследуется — в частности, разработаны соответствующие математические модели (Чураев, 1982; Jablonka с соавт., 1992), а в настоящее время уже построены молекулярно-генетические модели этого явления (Чураев и др., 2001). Поэтому еще раз отметим, что передача эпигенетических изменений потомству — это в чистом виде наследование приобретенных признаков, лишь в новой терминологии.

В наши дни делается очередной, еще более принципиальный шаг в описании спектра наследуемых приобретенных признаков. А именно: поскольку эпигенетические изменения не затрагивают кодирующего смысла того участка ДНК (гена), в котором они возникли, а влияют лишь на экспрессию этого гена, то возникает вопрос о том, возможны ли изменения в составе ДНК как реакция организма на среду. В частности, возможно ли возникновение новых адаптивных вариантов генов в соматических клетках и последующий перенос их в ДНК половых клеток?

В 1977 году австралийский ученый Э.Стил сформулировал гипотезу соматического отбора, за которую подвергся длительному научному прессингу. Суть этой гипотезы в следующем. У позвоночных животных иммунный ответ организма на инфекцию изначально вызывается супермутированием в так называемых вариабельных генах сложного иммуноглобулинового локуса лейкоцитов. При этом среди множества «плохих» мутантов может возникнуть новый вариант гена, кодирующий антигена с большим сродством к чужому антигену. Экспоненциальный рост числа лейкоцитов с этой, «успешной», мутацией, продуцирование ими соответствующих информационных РНК, наличие обратной транскриптазы, позволяющей произвести комплементарные фрагменты ДНК, возможность захвата половыми клетками чужеродной ДНК (в том числе ядром сперматозоида: см. например, Perry с соавт., 1999) создают условия для интеграции новых вариантов гена в ДНК половых клеток за счет гомологичной рекомбинации и тем самым для включения соматических мутаций в спектр генетической изменчивости вида. Подробный анализ этой гипотезы дан в книге Стила и др. (2002), где, в частности, указывается, что явление переноса адаптивных соматических мутаций в ДНК половых клеток может касаться не только иммунной системы, но и многих других физиологических функций организма. Исследование модели этого явления показывает, что в постепенно меняющейся среде ме-

ханизм соматического отбора является эволюционно выгодным и закрепляется генетически, о чем писал и автор настоящей статьи ((Zivotovsky, 2002).

Факты, указывающие на возможность наследования приобретенных свойств, следует, по-видимому, искать, в первую очередь именно в адаптивных физиологических процессах. И тут надо напомнить слова крупнейшего советского биолога академика Л.А.Орбели: «Мы говорили, что если были бы применены надлежащие условия эксперимента, если бы те или иные воздействия производились на ранних этапах развития, если бы они захватили организм в период его формирования, в период создания, становления его функций и если бы для оценки были взяты не морфологические, а функциональные признаки, то, может быть, удалось бы доказать наследуемость приобретенных свойств».

Однако в 1920–1940-е годы эта проблема оставалась открытой: эксперименты, говорящие о реальности наследования приобретенных признаков, допускали неоднозначную интерпретацию. Тем не менее уже в середине XX века такие эксперименты казались доказательными тем, кто верил в реальность этого явления.

## 5. Эволюция по Ламарку–Дарвину

Рассмотрим возможные последствия принятия идеи наследования приобретенных признаков для теории эволюции.

Ключевым моментом в любой эволюционной теории является представление о том, как популяция (вид) адаптируется к измененной среде. В современной генетической теории эволюции предполагается, что наследственное разнообразие развивающейся популяции (вида) настолько велико, что всегда найдутся такие генотипы, которые обеспечат своим носителям лучшую приспособленность к изменившимся условиям среды. Изменчивость поставляется мутациями, возникающими случайно и ненаправленно, а их влияние на приспособленность организма не зависит от существующих на данный момент времени условий среды. Иными словами, механизм возникновения новой изменчивости, по сути дела, предполагает, что варианты, оказавшиеся сегодня адаптивными в данной среде, предсуществовали, то есть находились в популяции и раньше, до воздействия данного средового фактора.

Если признать возможным наследование приобретенных признаков и свойств, то мы приходим к принципиально иной схеме возникновения новой адаптивной изменчивости в популяции. А именно: новый вариант признака,



обеспечивающий приспособленность его носителей к изменившимся условиям среды, может возникнуть в момент воздействия средового фактора и включиться в наследственную изменчивость популяции. В этом смысле мы говорим о ламарковском механизме возникновения наследственной изменчивости — в дополнение к генетическому механизму (за счет случайных мутаций). Раз включившись в пул наследственной изменчивости вида, приобретенные варианты далее подвергаются тем же процессам дарвиновского отбора, что и варианты, появившиеся за счет мутаций. Хотя включение приобретенного признака в пул наследственной изменчивости происходит, вероятно, не часто, это отнюдь не исключает его важности в эволюции: такой признак может быть адаптивным, то есть в данный момент приспособительным. К тому же частота возникновения адаптивных мутаций генов неизвестна (большинство мутаций неадаптивны или просто вредны) и, не исключено, столь мала, что может оказаться маловажной в сравнении с частотой возникновения приобретенных адаптивных вариантов.

Теперь укажем на различие роли внешней среды с позиций генетической теории эволюции и с позиций теории, включающей ламарковский механизм (на основе наследования приобретенных признаков).

В рамках генетической теории среда рассматривается лишь как некий оценщик наследственной изменчивости популяции. При наличии ламарков-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

ского механизма среда выступает еще и как активный творец эволюции. Можно предположить, что наследование приобретенных реакций на среду чаще обнаруживается в экстремальных условиях, когда новый вариант признака проявляет себя в большей способности особи адаптироваться к качественно новым условиям среды. Не исключено также, что появление такого признака или свойства приурочено к ранним стадиям развития или к стадиям, чувствительным к изменению условий внешней и внутренней среды.

Будущая теория адаптивной эволюции, включающая как ламарковский механизм возникновения адаптивной изменчивости, так и дарвиновский принцип отбора, должна рассматривать комплекс «фенотип–генотип», или фенотип, как единицу отбора. Формально это соответствует теории эволюции культурных признаков (то есть признаков, передающихся путем обучения, восприятия и подражания), довольно хорошо развитой концептуально (Cavalli-Sforza and Feldman, 1981) и которую можно описать в виде обобщения классических популяционно-генетических моделей (Feldman, Zhivotovskiy, 1992).

### Заключение

Итак, единственное, что остается, — это назвать вещи своими именами.

Гипотеза Ж.Б.Ламарка о наследовании приобретенных признаков верна.

Новый признак может возникнуть через образование регулирующих комплексов белок/ДНК/РНК, модификацию хроматина или через изменения в ДНК соматических клеток и затем передаться потомству.

Многое здесь еще не известно, в частности — сколь часто происходит передача таких признаков следующим поколениям. Можно полагать, что частота возникновения приобретенного адаптивного признака с устойчивой передачей потомству невелика (скажем, на уровне частоты генных мутаций), и потому такие случаи трудно выявить. А если так, то понятно, почему наследование приобретенных признаков чаще описывали у растений: просто потому, что селекционер имеет возможность просмотреть многие десятки и сотни тысяч образцов и найти среди них изменение. Можно надеяться, что быстро развивающаяся молекулярно-биологическая техника предложит методы оценки возникновения наследуемых приобретенных признаков.

Значение таких признаков для прогрессивной эволюции и селекции может быть неизмеримо больше, чем роль постулируемых классической генетикой случайных ненаправленных мутаций в ДНК генеративных клеток, потому что случайные мутации, как правило, ухудшают приспособленность особей. В то же время наследуемые приобретенные признаки, возникшие как реакция организма на новые условия среды, повышают приспособленность особей и потому сразу включают в адаптивную изменчивость вида.

### Приводим короткий список научных трудов, авторы которых упомянуты в тексте статьи:

*Животовский Л.А.*, 2002. О наследовании приобретенных признаков. В сб. «Материалы научной генетической конференции. М., изд-во Моск. Сельскохозяй. Акад. им. К.А. Тимирязева.

*Орбели Л.А.*, 1948. Доклад на заседании Президиума АН СССР от 24–26 августа 1948 г. Вестник Академии наук СССР.

*Чураев Р.Н.*, 1982. Прикладные аспекты концепции эпигенов. Журн. общ. биол. т. 43, 1, с. 79–87.

*Чураев Р.Н., Стулак И.В., Тропинина Т.С., Стулак Е.Э.*, 2001. Сконструирован двухкомпонентный эпиген с наперед заданными свойствами. Биохимия, Биофизика, Молекулярная биология. Т. 378. С. 837–840.

*Cavalli-Sforza L.L., M.W. Feldman*, 1981. Cultural Transmission and Evolution: A Quantative Approach. Princeton University Press, Princeton, N.J.

*Feldman M.W., L.A. Zhivotovskiy*, 1992. Gene-culture coevolution: toward a general theory of vertical transmission. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89: 11935–11938.

*Jablonka E., M.J.Lamb*, 1999. Epigenetic Inheritance and Evolution: Lamarckian Dimension. Oxford Univ. Press. Oxford.

*Langdon-Davies J.*, 1949. Russia Puts the Clock Back (A study of Soviet science and some British scientists). London, Victor Gollancz Ltd.

*Weismann A.*, 1891. Essays upon Heredity. Vol. I. Oxford. Clarendon Press.

*Weismann A.*, 1904. The Evolution Theory. (transl. into English). Edward Arnold. London.

*Zhivotovskiy L.A.* 2002. A model of the early evolution of soma-to-germline feedback. J. of Theoret. Biol. 216: 51–57.

# Они не наследуются, и почему

Кандидат биологических наук  
**С.В.Багоцкий**

**П**роблема наследования благоприобретенных признаков — несомненно, наиболее драматичная глава в истории биологии. Дискуссии на эту тему имели под собой не только глубоко научную, но, к сожалению, и политическую подоплеку, и разобраться во всем этом даже сегодня не так уж просто. Кто-то свято верил, кто-то выполнял заказ «сверху», а кто-то просто был шарлатаном. Печально признавать, но научный мир аккумулирует все эти разновидности людей, хотя в разных странах их частоты существенно варьируют, что тоже связано, вероятно, с социальным диктатом в данный момент времени.

И все-таки наука XX века отвергла концепцию наследования приобретенных признаков. Ей не нашлось места в рамках «информационной парадигмы», которая стала формироваться в начале этого столетия и достигла своего расцвета с середины 50-х годов, когда появились четкие представления о строении ДНК, а затем и однонаправленности информации от ДНК к белку. Согласно этой парадигме (так называемой центральной догме: ДНК → РНК → белок), любой живой организм строится по собственному «чертежу», называемому геномом. Точно так же, как строится по чертежам любой автомобиль, компьютер и т.п.

Надо сказать, что в момент своего возникновения «информационная парадигма» вошла в конфликт с эволюционной теорией. Да и вообще, как это теперь ни покажется парадоксальным, становление генетики в начале XX века немало поколебало уверенность биологов в правоте дарвиновской теории эволюции. Последняя утверждала, что существует изменчивость, которая создает обширную базу для естественного отбора, а «молодая» генетика предлагала считать, что единица наследственности (ген) — стабильна и неизменна. Одно не вязалось с другим: было совершенно непонятно, каким образом изменяются гены, то есть как могут возникать их новые варианты. И лишь в конце 20-х годов противоречия между генетикой и теорией эволюции удалось разрешить. Укажем лишь на одного из тех ученых, открытие которого иначе как эпохальным не назовешь: это американский генетик Герман Мёллер, основоположник радиационной генетики, доказавший в 1927 году возможность возникновения генетических мутаций под действием рентгеновских лучей. Признанием этого открытия Мёллера стала Нобелевская премия за 1946 год.

**Е**ще один парадокс: генетики (профессионалы, а не любители), изучавшие явления наследственности, к идее наследования приобретенных признаков всегда относились резко отрицательно, однако некоторые биологи других специальностей (то есть не генетики) воспринимали эту идею благосклонно. И вовсе не только из-за политического давления. Богатство регуляторных механизмов живой природы (а природа ими воистину богата!) вдохновляло на то, чтобы считать эти механизмы буквально безграничными. Умозрительное довлело над экспериментальным, то есть истинным, фактологическим.

Говоря об отечественных поклонниках гипотезы наследования приобретенных признаков, мы обычно вспоминаем такие далекие от подлинной науки фигуры, как Т.Д.Лысенко и И.И.Презент. Да, был «заказ», нашлись и исполнители. Однако признаем: идеей (именно идеей!) о том, что наследственная изменчивость может быть изначально приспособительной, увлекались и действительно крупные ученые. Например, наш выдающийся ихтиолог и биогео-

граф Л.С.Берг (1876–1950), создавший еще в 1922 году теорию номогенеза, суть которой — идея не случайного, в отличие от дарвиновской, а именно целенаправленного хода эволюции. Однако (опять парадокс) именно обскурантистская позиция Лысенко заставила отдельных исследователей преодолеть свои интуитивные симпатии и встать на здравую позицию — позицию генетики.

**С**овременный автор, собирающийся писать о проблеме наследования приобретенных признаков, может выбрать одну из двух стратегий.

Первая из них заключается в анализе экспериментального материала, накопленного в науке. Вторая — в теоретическом анализе проблемы. Давайте выберем сейчас второй путь.

Итак, мы уже достаточно много знаем про ДНК, РНК и белки. И прежде всего то, что эти молекулы можно рассматривать как «тексты», то есть своеобразные объекты, которые, с одной стороны, — последовательности каких-то значков (нуклеотидов, аминокислот), а с другой, обладают смыслом, то есть что-то изменяют в окружающем мире. Смысл белковой молекулы составляет выполняемая ею работа, которую не может выполнить молекула с произвольной последовательностью аминокислот. Эта же работа — смысл участка ДНК, кодирующего данную белковую молекулу, — то есть соответствующего гена.

В то же время смысл, заключенный в участке ДНК, до реального (материального) появления кодируемых им белковых молекул, остается загадочным, точно так же, как для большинства из нас загадочен текст, записанный китайскими иероглифами.

Это (только что заявленное выше) — интересный момент. Теперь давайте представим себе, что на некоей планете Солярис существует жизнь, которая существенно отличается от нашей. Там нет ни ДНК, ни РНК, а есть лишь один тип носителей наследственной информации, который мы для определенности назовем «белками». Эти носители наследственной информации, с одной стороны, выполняют какую-то работу (например, катализируют ту или иную химическую реакцию), а с другой стороны, более или менее точно самокопируются, то есть размножаются.

Могут ли на этой планете наследоваться благоприобретенные признаки? Да, могут! Осуществляемые «белками» каталитические превращения — это как бы движения микростанка, и побочным результатом таких движений могут стать изменения обратимо связывающихся с белками веществ. То есть катализ.

Как известно, большинство технических устройств, используемых челове-

ком, со временем от работы портится. Но есть и такие, которые портятся от того, что не работают. Плохо работает заржавевший станок. Или зарастающая дорога, по которой давно никто не ходит. Оказывается, их нужно разумно эксплуатировать. И иногда чем больше, тем лучше. Например, если по той же заросшей дороге наконец пройдут два десятка людей, то третьему десятку будет идти много легче. Значит, в процессе эксплуатации возникают и такие изменения, которые облегчают последующую эксплуатацию. А теперь представим, что именно такие изменения (имея в виду уже не дорогу, а наши «белки» на Солярисе) наследуются, то есть передаются копиям размножающейся молекулы.

Итак, первый момент нашей неземной модели: полезные изменения «белков» могут копироваться. А вредные? Вероятно, эти заржавевшие участки будут срезаны работающим станком катализа.

Но вернемся на Землю. Могут ли белковые молекулы «ржаветь» без работы и могут ли они совершенствоваться, активно работая? Мне не известны экспериментальные факты, позволяющие однозначно ответить на этот вопрос, но, исходя из общих соображений, я ответил бы на него положительно. Ведь активные движения должны навредить химическую активность, которая в том числе «срезает» мешающие двигаться части. А энергию для всего этого — движений станка и срезания выступающих частей — может дать поглощаемое некоторыми аминокислотами ультрафиолетовое излучение.

Но «белки» на Солярисе еще и размножаются. Таким образом, в принципе могут быть два механизма эволюции: направленные химические изменения при работе и естественный отбор наиболее эффективно размножающихся молекул.

Как мы уже установили, первый механизм эволюции может вести к появлению все более качественно работающих молекул. А второй — таких молекул, которые наиболее бессовестно используют имеющийся ресурс для собственного размножения. И вовсе не факт, что такие молекулы будут работать лучше. С чего бы? Ведь способность лучше захватывать ресурс никак не связана с лучшей работой.

Иными словами, первый механизм обеспечивает прогрессивную эволюцию, в то время как второй, по существу дарвиновский, — деградацию. Хотя за счет размножения белковых молекул и происходит экспансия жизни.

Еще один парадокс? Но парадоксы существуют только в нашем сознании, а в живой природе их нет.

В принципе дарвиновский механизм мог бы обеспечить прогрессивную эволюцию лишь в том случае, если про-

дукты деятельности белковых молекул используются только для их собственного размножения, но не для размножения конкурентов. Однако собственность каждой белковой молекулы на продукт своей деятельности бессмысленна, поскольку таким продуктом является одно, в крайнем случае два вещества, а для размножения веществ нужно много и разных.

Фантазируем (и/или моделируем) дальше. Эту проблему можно решить так: объединить в клетку некоторое количество разных белковых молекул вместе с продуктами их активности. Повторяю: в клетку! И для своего дальнейшего совершенствования «мыслящий мозг» планеты Солярис должен разбиться на отдельные клетки, которые начнут конкурировать друг с другом за ресурсы.

Да, самое страшное в клетке — это конкуренция отдельных молекул — носителей информации внутри нее. Ведь в этой конкуренции победят те молекулы, которые успешнее тянут одеяло на себя, а не всегда те, кто лучше работают. Поэтому смогут выжить только такие клетки, в которых все носители информации размножаются одновременно. Следовательно, когда возникла ее величество клетка (а затем и их множество), с самостоятельным размножением отдельных белков должно быть покончено. Так что наш гипотетический Солярис тут не проходит.

Но с другой стороны, в зависимости от ситуации количество тех или иных белковых молекул в клетке должно меняться. Как быть?

Количество копий одного и того же текста может увеличиваться не только за счет размножения, но и за счет тиражирования. При размножении каждая вновь получившаяся копия порождает новые копии. А при тиражировании вновь образующиеся копии бесплодны: размножается лишь «главная копия» каждого гена, подобная матке в пчелином улье.

Я уже говорил об этом («Химия и жизнь», 2001, № 10), но не грех повторить: книги, которые печатаются в типографии, — тиражируются, а книги, которые переписывают монахи в монастыре, — размножаются. Так и в живой природе: размножаются молекулы ДНК, а тиражируются молекулы информационной РНК и белков.

С помощью простой модели нетрудно показать, что при тиражировании не происходит вытеснения одних «текстов» другими. Копии различных текстов мирно сосуществуют, хотя соотношение их числа, разумеется, зависит от скорости их тиражирования.

Остаются главные молекулы, сохраняющие способность размножаться. Это молекулы ДНК. Если между ними начнется конкуренция, клетке придет



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

конец. Решить проблему можно, по-видимому, только одним способом: все молекулы ДНК, входящие в состав одной клетки, должны размножаться синхронно. То есть геном клетки должен размножаться, как единое целое.

Целесообразно ли переписывать на ДНК новую информацию, накопившуюся в процессе работы той или иной индивидуальной молекулы белка (идея обратной связи)? С первого взгляда кажется, что да. Но это смертельно опасные игры: ведь начнется независимое размножение и внутриклеточный отбор носителей информации, которые могут лучше проталкивать свою информацию в геном. А отнюдь не тех, кто лучше работает. О последствиях этого лучше не говорить, дабы не расстраивать читателя.



Итак, подводим итог.

С точки зрения современных представлений любой реальный механизм наследования приобретенных признаков в конечном счете упирается в дифференциальное размножение отдельных носителей информации. И понятно, что отдельные носители информации в клетке могут дифференциально размножаться только в том случае, если они способны размножаться самостоятельно. А такое размножение еще на ранних стадиях биологической эволюции должно быть очень жестко заблокировано.

Таким образом, есть серьезные основания считать, что невозможность наследования благоприобретенных признаков — это обязательная плата за поддержание целостности клеток. И поэтому наследование приобретенных признаков, даже если оно когда-то и существовало, должно было исчезнуть на ранних этапах биологической эволюции.

Эти соображения более подробно изложены в моей статье, опубликованной в журнале «Известия РАН. Серия Биологическая», 1994, № 2. К ней я и отсылаю заинтересованного читателя.

*Продолжение следует*

# Разные разности

Выпуск подготовили

**М.Егорова,  
А.Ефремкин,  
В.Скобеева,  
Е.Сутоцкая**

**К**анадская компания разрабатывает новый материал, из которого можно будет делать одежду для зданий. Ткань по виду напоминает ту, что идет на обычные джинсы, но сделана она из гибких солнечных панелей, вырабатывающих электрический ток.

В отличие от привычных солнечных батарей, у гибких панелей нет твердой кремниевой основы. Между двумя слоями алюминиевой фольги, покрытой пластиком, зажаты тысячи маленьких бусинок из кремния. Каждая из них работает как крошечная солнечная батарея, поглощая солнечный свет и превращая его в электроэнергию. Делают бусинки из дешевых отходов от производства электронных чипов. Кремний расплавляют и превращают в сферы диаметром в миллиметр. Снаружи на них напыляют атомы фосфора, которые образуют слой отрицательного «n»-типа, а изнутри — атомы бора, создающие «р»-слой. Когда кремний поглощает фотон света, через алюминиевые контакты проходит электрический ток.

Шероховатая поверхность, созданная бусинками, хорошо поглощает свет. Поэтому эффективность у гибкого материала не меньше, чем у обычных фотоэлектрических панелей, и достигает 11%. Тканью можно закрыть участки зданий любой формы, она не требует дополнительных поддерживающих конструкций.

Изобретатели надеются, что производящий энергию материал подтолкнет архитекторов к созданию смелых проектов сооружений, которые можно будет укутать в гибкие солнечные батареи. Вероятно, не за горами время, когда в новую ткань будут оборачивать для подзарядки плееры и сотовые телефоны. Представитель компании «Spherical Solar of Cambridge» в Онтарио М.Хаммербахер обещает приступить к производству одежды для зданий в следующем году («New Scientist», 2003, 15 февраля).



**Н**ередко растения и животные, попадая на новые континенты, стремительно расселяются и наносят огромный ущерб местным экосистемам. Это вторая после разрушения ландшафтов причина сокращения биоразнообразия. Только экономика США теряет из-за них 100 миллиардов долларов в год.

Новички чувствуют себя вольготно в чужой обстановке потому, что оставляют большинство своих врагов на родине. М. и А.Пауэр из Корнелльского университета проанализировали почти 500 видов растений, занесенных из Европы в Соединенные Штаты. Оказалось, что самые преуспевающие среди них меньше болеют грибковыми и вирусными заболеваниями, чем на родине, и при этом устойчивы к местным патогенам. То же относится и к животным. «В среднем вид у себя на родине имеет шестнадцать видов-паразитов, — говорит К.Лафферти из Федерального центра геологического надзора в Санта-Барбаре, — но с собой берет около трех, а на новом месте подбирает еще четыре. В сумме получается меньше». Лафферти с коллегами исследовал 26 видов наземных, морских и пресноводных животных-захватчиков.

Европейские зеленые крабы у себя на родине, в Европе и на Североафриканском побережье Атлантики, встречаются редко, они маленькие и битком набиты паразитами. Хуже того, один из паразитов, моллюск, кастрирует краба-хозяина, и тот не только вырастает в два раза меньше здорового, но и теряет способность размножаться. А в США, куда крабов завезли в 60-е годы, таких врагов нет. Крабов там много, они крупные, относительно здоровые и распространены по всему Тихоокеанскому побережью.

Из этого следует, что бороться с захватчиками можно. Надо лишь осторожно напустить на них прежних паразитов («Nature News Service», 2003, 6 февраля).



**И**кота остается загадкой для физиологов. На первый взгляд все просто: мышцы резко сокращаются на вдохе, голосовая щель перекрывается и раздается всем знакомый звук. Но вот нужна ли икота, и если да, то для чего?

Скорее всего, это остатки примитивного рефлекса, и начинается она, когда случайно активируется некая область мозга. Ультразвуковое исследование показало, что дети начинают икать уже в утробе матери, в двухмесячном возрасте, задолго до первого вдоха. То ли икота подготавливает к работе дыхательные мышцы плода, то ли не дает жидкости проникать в легкие. К.Штраус из парижской больницы Пити-Сальпетриер считает: если бы верным было второе предположение, мышцы сокращались бы на выдохе, как при кашле, а не на вдохе.

Штраус и его коллеги предположили, что у человека сохранилась область мозга, которая у наших предков контролировала вентиляцию жабр. У двоякодышащих рыб и личинок многих амфибий дыхательные мышцы сокращаются и перекрывают голосовую щель, чтобы вода не попала в легкие, когда вода проходит через внутренние жабры. Есть много общего между икотой и вентиляцией жабр у головоастиков. Ни то ни другое не происходит, когда легкие наполнены воздухом или когда во внешней среде много углекислого газа. Но почему мы все еще икаем через 370 миллионов лет после того, как наши предки выбрались на землю?

Возможно, древний рефлекс нужен младенцам. Когда они сосут молоко, голосовая щель закрывается, не давая молоку попасть в легкие. Если Штраус и его коллеги правы, то большинство нервных клеток, активных при сосании, активны и при икоте («New Scientist», 2003, 5 февраля).



**Я**понские исследователи выяснили, как остановить бактерию, не убивая ее. Бактерии плывут к пище или спасаются от яда, вращая жгутиками, закрепленными в клеточной мембране и стенке, как ось во втулке. Ученые пытаются понять принцип действия биологического мотора, вращающего жгутик. Размеры двигателя близки к миллионной доле миллиметра. Он работает на энергии заряженных ионов водорода, проходящих через мембрану бактерии, но как именно это происходит, остается не вполне ясным. К.Оозава и его коллеги из Университета в Нагое подвергли бактерию воздействию молекул, нейтральных во внешней среде, но проявляющих кислотные свойства в клетке.

Кишечная палочка и сальмонелла прекрасно плавали в воде с pH 7. Пока кислоты не проникли в клетки бактерий, те активно передвигались в кислой воде с pH, равным пяти. Но как только внутриклеточная среда закислялась, они замедляли движение и останавливались.

Ученые прикрепляли к стеклу жгутик, так что бактерия вращалась вокруг него. Выяснилось, что кислота влияет исключительно на вращение. Микробы при этом не погибали. Избавившись от кислоты, они снова начинали двигаться.

Авторы работы полагают, что увеличение числа протонов внутри клетки «заливает» мотор, как избыток топлива в обычных машинах. Бактериальный двигатель рассчитан на определенный и постоянный поток протонов: если их слишком много, он отказывается работать («Nature News Service», 2003, 10 февраля; «Journal of Bacteriology», 2003, т.185, с.1190).

**У**ченые из Университета Вирджинии (США) разработали перевязочный материал из волокон фибриногена — белка, участвующего в свертывании крови. При повреждении сосуда под действием фермента тромбина из фибриногена получается фибрин, который образует основу сгустка и предотвращает большую потерю крови.

Умельцы применили электропрядение для того, чтобы изготовить волокна фибриногена. Раствор белка подают в сопло, нацеленное на металлическую мишень. Между соплом и мишенью создают электрическое поле и плавно увеличивают его до тех пор, пока из отверстия не вылетит струя растворенного полимера. Она не разбивается на капли, поскольку в концентрированном растворе полимерные цепочки переплетены. К тому моменту, когда струя достигает мишени, растворитель испаряется и остаются только сухие волокна. Их диаметр (80 нм) почти такой же, что и в обычном сгустке крови (от 82 до 91 нм). Организм воспринимает их как собственные, и это стимулирует заживление раны.

Из волокон фибриногена ученые сделали перевязочные салфетки разных размеров. Такую салфетку можно после операции положить прямо на рану и даже оставить внутри тела, и она не помешает восстановительному процессу. Если нужно, повязку допустимо держать на ране в полости тела хоть до тех пор, пока она сама не рассосется. Авторы работы говорят, что их материал годится для лечения любых повреждений — от маленьких порезов до серьезных ран, когда жизненно необходимо остановить кровотечение («Alchemist», «EurekaAlert!», 2003, 10 февраля).

**С**амцы императорских пингвинов обладают единственным в своем роде талантом — они более трех недель хранят в своих желудках непереваренную пищу, которая не портится. Как им это удается — загадка.

С.Тузо и ее коллеги из расположенной в Страсбурге французской исследовательской организации CNRS наблюдали за семью императорскими пингвинами в естественной среде обитания. В плохую погоду, когда самки возвращались домой без добычи, отцы кормили малышей пищей, извлеченной из желудка, где она хранилась в неприкосновенности. Взятые пробы свидетельствуют, что в «консервированной» пище значительно больше погибших или неспособных к размножению бактерий, чем в переработанной пище в желудках других птиц.

Это тем более удивительно, что температура внутри желудка и уровень кислотности идеальны для роста бактерий, под воздействием которых пища должна была бы испортиться. К тому же богатая белками рыбно-кальмаровая диета, любимая пингвинами, благоприятна для размножения желудочно-кишечных микробов.

Вероятно, бороться с бактериями помогает антибактериальная акриловая кислота. Ее вырабатывает фитопланктон, наполняющий желудки пингвиньей добычи («New Scientist», 2003, 19 февраля, «Polar Biology», т.26, с.115).

**С**тоунхендж — самая известная английская древняя достопримечательность. В мае 2002 года в пяти километрах от него были найдены останки богатого человека, которого назвали Эймсбери Арчер («Лучник из Эймсбери»). В захоронении были также золотые и медные предметы, самые древние из когда-либо обнаруженных в Британии. Их датируют 2470 годом до н.э. У мужчины были золотые серьги — свидетельство состоятельности и знатности.

Доказательств прямой связи между этим человеком и Стоунхенджем нет, однако считается, что он жил в то же время, когда был воздвигнут каменный гигант, — около 2300 года до н.э. Временные рамки, близость захоронения к Стоунхенджу и богатство Арчера навели археологов на мысль, что он имел отношение к возведению этой громадной конструкции. Возможно, пятнадцать стреловидных камней были частью его гробницы.

Анализ зубной эмали Арчера свидетельствует, что вырос он не в Англии, а в Центральной Европе, вероятнее всего, в швейцарских или немецких Альпах. Более легкие изотопы кислорода в ее составе указывают на то, что его зубы формировались там, где климат был холоднее, чем британский.

Некоторые ученые считают, что открытие поможет археологам понять, как на территории Европы перемещались люди и распространялись технологии начала бронзового века. Быть может, стоит подвергнуть подобному анализу и другие известные останки.

Арчер был похоронен вместе с неким молодым человеком. У них одинаковый дефект кости ноги, возможно, это его сын. Анализ зубной эмали юноши свидетельствует о том, что вырос он в Британии («New Scientist», 2003, 11 февраля).



# Да неужто любовь прибавляет ума?

*И вот теперь, дрожа от жалости  
и жара,  
Одно: завывать как волк, одно:  
к ногам припасть,  
Потупиться — понять —  
что сладострастью кара —  
Жестокая любовь и каторжная  
страсть.*

М.Цветаева

**А** действительно: за что эта страшная кара? Зачем эти безумные страдания, эта вечная, жестокая война полов? Разве природа не могла бы обойтись без таких мук? «И ненавижу, и люблю!» — в отчаянье вскричал Гай Валерий Катулл, измученный Лесбией. «Но чтоб продлилась жизнь моя, / я утром должен быть уверен, / что с вами днем увижусь я». Это уже, как помните, Онегин, а точнее, А.С.Пушкин. Вся мировая литература — да что там литература, вся мировая история — именно о том же!

«Для чего нужно половое размножение?» — как-то спросил я у старшеклассников Пущинского экологического лицея. «Для удовольствия!» — хором заорали они. Наивные! Какое уж тут удовольствие, если все это можно было бы устроить гораздо проще, спокойней и, главное, эффективней. Например, простым делением. Или, на крайний случай, почкованием.

Пусть исходно есть два организма. И пусть каждый из них размножается самостоятельно делением. В первом поколении они дадут четыре особи, во втором — восемь. И так далее, пока вся Земля не заполнится ими. А при половом размножении? Как учит нас великий эволюционист современности Мейнард Смит, половое размножение понижает репродуктивный выход на 50% (J. Maynard Smith, *Evolution of Sex*, 1978). Значит, по сравнению с бесполом половое размножение куда менее продуктивно и, следовательно, с точки зрения эволюции неконкурентоспособно. Поэтому, исходя из простейших моделей и расчетов, половое размножение вообще быть не должно.

*Как же нет Любви?*

И.А.Бунин

**П**ервым, кто высказал предположение о том, для чего нужно половое размножение, был Август Вейсман, который в 1886 году на съезде немец-

ких естествоиспытателей и врачей произнес речь «Значение полового размножения для теории отбора». Предположение было весьма общим: половое размножение необходимо, чтобы ускорить распространение полезных мутаций среди особей популяции. И действительно, при бесполом размножении мутации, возникшие у организма (причем как полезные, так и вредные), передаются потомству из поколения в поколение по типу клона, линейно, а вот при половом размножении, за счет передачи генов при скрещиваниях, тем более свободных, мутации могут быстро распространиться в популяции вида. Если таким образом будут распространяться именно полезные мутации, то прогрессивная эволюция виду обеспечена.

В целом, как справедливо предполагал основоположник «вейсманизма-морганизма», половое размножение нужно для увеличения скорости эволюционного приспособления организмов, то есть для их лучшей адаптации к меняющимся условиям внешней среды. Так что первый ответ: половое размножение нужно для увеличения разнообразия. Генетического, разумеется. И тем самым — для увеличения шансов, что какие-то мутации окажутся полезными. (В скобках укажем, что скорость адаптации организмов и увеличение генетического разнообразия видов не всегда одно и то же, но в теории эволюции предполагается, что эти процессы скоррелированы.)

Казалось бы, при половом размножении в популяции должна увеличиваться скорость распространения всяких мутаций — и полезных, и вредных, которые соответственно будут оказывать либо прогрессивное, либо негативное действие. Но это не так: полезные мутации тут в некотором выигрыше. Вспомним: основа полового размножения — это то, что соматические клетки диплоидны, то есть несут два набора генов, отцовский и материнский, а половые клетки, или гаметы, — гаплоидны. Диплоидность означает, что каждая хромосома существует в двух копиях, а гаплоидность — что в одной. Таким образом, в диплоидных клетках почти вся генетическая информация в принципе задублирована, а именно: каждый ген присутствует в







Кандидат биологических наук

**В.В.Вельков,**

Институт биохимии и физиологии  
микроорганизмов РАН, Пущино-на-Оке



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

*двух копиях* (аллелях), пусть и не всегда абсолютно идентичных. (Обратите внимание на курсив: это то самое ружье, которое оглушительно выстрелит в конце пьесы.)

Итак, если в одном из двух гомологичных генов (аллелей) возникнет вредная мутация, то ее действие может быть скомпенсировано другим, нормальным, аллелем. Это так называемые рецессивные (не проявляющиеся в диплоидном состоянии) мутации. Их большинство, однако бывают и мутации доминантные, которые подавляют действие нормального аллеля. Но в целом двойной набор хромосом — это повышение надежности: вредные мутации имеют много шансов не проявиться. Но какое отношение это имеет к половому размножению?

Новый организм возникает, когда объединяются мужская и женская гаплоидные гаметы, то есть когда возникает диплоидная зигота. В ней одна из каждой пары хромосом получена от отца, а другая от матери. Следовательно, при половом размножении, за счет образования новых комбинаций генов в парах гомологических хромосом, резко повышается вероятность того, что вредная мутация, если она рецессивна, окажется в компании с нормальным гомологичным геном и поэтому не проявится (феномен гетерозиготности). Это вторая причина, для чего нужно половое размножение: для уменьшения влияния вредных мутаций за счет гетерозиготности. На нее впервые, в 1988 году, указал А.С.Кондрашов, тогда работавший в Биологическом центре АН СССР в Пущино-на-Оке (нечасто наши соотечественники в те годы публиковали статьи в самом престижном журнале мира — см. «Nature», 1988, р. 336, 435).

Однако вредные рецессивные мутации, будучи в гетерозиготном, то есть скрытом, состоянии, не только сохраняются, но и благодаря именно половому размножению непрерывно накапливаются в чреде поколений. Именно из-за скрещиваний (то есть, простите, любви). И сколько же у нас, людей, этих самых вредных генов? Расчеты А.С.Кондрашова, касающиеся накопления в нашем геноме потенциально летальных мутаций, дали ему повод к вполне понятному недоумению (что и выразилось в заголовке его статьи): «Почему мы не умерли 100 раз?»

Наверное, не будет большой ошибкой, если предположить, что для этого тоже есть веская причина. Третья.

*И подгадал же меня чорт  
с душой и талантом родиться  
в России.*

А.С.Пушкин

Третью причину в 2001 году обнаружили американские генетики В.Райс и А.Чиппиндэйл, проводившие опыты с дрозофилами. Однако перед этим — несколько слов о генетической рекомбинации.

Рекомбинация — это обмен генами (участками ДНК), происходящий после образования зиготы в паре гомологичных хромосом, полученных от родителей. Например, если исходно в одной хромосоме данной пары были гены ABCD, а в гомологичной хромосоме — их аллели (модификации) abcd, то в результате рекомбинации может получиться так: AbCd в одной хромосоме и aBcD в другой. И вот итог: из-за таких перемещений многие гены вдруг оказываются в новом генетическом окружении. И не только в новом окружении, но и в новых отношениях со своими аллельными, расположенными в гомологичной хромосоме партнерами. Это очень важно, поскольку не исключено, что в следующем цикле размножения в гаметах уже будут содержаться хромосомы с новыми комбинациями генов — новыми, если сравнивать с исходными, родительскими. И так далее. То есть дети, внуки, правнуки и т.д. будут последовательно нести все новые комбинации по генам ABCD/abcd.

Это исходный теоретический момент. А что в финале? А в финале то, что (не удивляйтесь!) в новых комбинациях генов конкретной пары хромосом может оказаться меньше генов с вредными мутациями. Вот именно это, по сути, и обнаружили Райс и Чиппиндэйл. В экспериментах они получили дрозофил, у которых вовсе отсутствовали генетические рекомбинации. Таких дрозофил в чреде поколений сравнивали с нормальными мушками, то есть рекомбинирующими. И оказалось, что рекомбинация генов между гомологами может переместить полезную мутацию из, так сказать, плохого генетического

фона (или контекста) в хороший контекст. А это (при дальнейшей передаче хромосомы с такой мутацией в ходе последовательного размножения) избавит полезную мутацию от вредного генетического фона («Science», 2001, p. 294, 555).

Иными словами, при половом размножении в ряду поколений происходит постепенное освобождение полезных мутаций от вредных. Спасибо комбинациям. И — половому размножению. Кто-то остроумно и верно назвал этот феномен «чистой генома». Вот вам, как было заявлено выше, и третья причина, для чего необходимо половое размножение.

Но есть еще две причины. Женщины их знают. Но молчат. Ибо «тайна сия велика есть».

*Ты женщина, и этим ты права.*

Валерий Брюсов

**П**оследующий пассаж может показаться катастрофическим именно мужчинам (удар ниже пояса!): тому, что у человеческой расы есть интеллект, мы обязаны женщинам. Точнее, их генетической организации и генетическим (то есть в данном случае неосознанным) предпочтениям.

И первая причина тут в том, что среди пары половых хромосом у женщин — две одинаковые хромосомы (XX), а у мужчин две разные: одна X, а другая, сугубо мужская, собственно и определяющая пол, — Y. Таким образом, женщины по всем хромосомам диплоидны, а мужчины нет: мы диплоидны по всем хромосомам, кроме половых, — ведь у нас только одна X-хромосома. Но у женщин, так же как и у мужчин, активна только одна хромосома, поскольку на ранних стадиях эмбрионального развития женского организма одна из двух X-хромосом в клетках инактивируется, а какая именно и в какой клетке — дело чисто случайное. Таким образом, если в одной из двух X-хромосом у женщины возникла или была получена от предков какая-либо мутация (полезная или вредная, все равно), то вероятность, что она проявится, — 50%, а вот у мужчин, в их единственной X-хромосоме, — все 100.

Теперь приготовьтесь: сейчас выстрелит чеховское ружье, повешенное в начале этой статьи. Вот этот выстрел. В X-хромосомах, как выясняется, сосредоточены гены интеллекта! Первые указания, что это именно так, появились еще до начала эры молекулярной диагностики ДНК. Впрочем, все по порядку.

Уже хорошо известно, что кривая распределения значений коэффициента интеллектуальности (IQ) среди мужчин имеет широкий диапазон — как в области низких значений интеллектуально-

сти, так и в области высоких. А вот среди женщин эта кривая более компактна, спектр значений IQ ближе, чем у мужчин, к средним значениям в популяции. То есть женщины (в среднем, конечно) по интеллекту пусть «посереже», но зато с минимумом выхлестов в крайние варианты (олигофрены и гении).

Дальше. Психические заболевания у мужчин встречаются на 30% чаще, чем у женщин. Вполне возможно, что подоплека этой статистики в следующем: если мутации, приводящие к ментальным нарушениям, происходят в X-хромосоме, то женщины на 50% застрахованы от их проявления. А тогда почему у женщин психические заболевания встречаются только на 30% меньше, чем у мужчин, а не на все 50%? Потому что не все гены, ответственные за формирование интеллекта, расположены в X-хромосомах. Какая их доля, будет сказано ниже.

Еще. Как выяснили медицинские генетики, гены, приводящие к психическим заболеваниям, чаще передаются детям от матери, чем от отца, хотя у самих таких матерей психические заболевания обычно не проявляются. И наконец: сегодня благодаря массовой молекулярной диагностике хромосом человека получены доказательства, что многие мутации, приводящие к психическим нарушениям, локализованы действительно в X-хромосомах.

Вот только некоторые результаты. Мутации в X-хромосоме приводят к ментальным нарушениям в три раза чаще, чем мутации в генах остальных хромосом. Девять из более чем ста «ментальных» генов X-хромосомы уже клонированы; как и ожидалось, они активно работают именно в мозгу и кодируют белки, ответственные, например, за стабилизацию мРНК, за организацию цитоскелета, за передачу регуляторных сигналов между нейронами. Эта группа генов у позвоночных относится к наиболее консервативным, то есть эволюционно древним, а потому редко мутирующим.

И как это случилось? Более 300 млн. лет назад X-хромосома млекопитающих образовалась из пары «обычных» (неполовых) хромосом, особо не отличавшихся от других. А затем какая-то неизвестная сила (не Божественная, конечно) заставила X-хромосому стремительно эволюционировать по пути расширения спектра кодируемых ею функций. И одними из основных в ней оказались те, которые определяют общие когнитивные (познавательные) способности и... способность к размножению.

Оказалось, это страшная сила! Итог ее эволюционной деятельности — особые сексуальные предпочтения самок (в том числе, простите, женщин).

*Я был только тем,  
чего касалась твоя рука...*

Иосиф Бродский

**В**озникновение и улучшение новых генетических признаков направляется отбором. Естественным и половым. И то, что, как выяснилось, в половой X-хромосоме сконцентрированы гены, ответственные и за развитие интеллекта, отнюдь не случайно. Значит, было выгодно. Для чего? Для того, чтобы резко ускорить эволюцию.

О разнице между этими видами отбора — естественным и половым — говорил еще Чарльз Дарвин. Естественный отбор повышает жизнеспособность (точнее, приспособленность) особей, а половой отбор — сексуальную привлекательность, то есть усиливает развитие вторичных половых признаков, и в основном у самцов (мужчин). Однако не волнуйтесь: это не только то, о чем мы сразу подумали!

Например, половой отбор усиливает такие неотразимые признаки, как размер и яркость хвоста у павлина. Именно хвост (а не что-то другое!) повышает шансы павлина привлечь паву, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Короче: у павлинов роскошные хвосты только потому, что они, такие хвосты, очень нравятся самкам. Если б не нравились, было бы по-другому. Значит, именно самки, направили эволюцию павлинов в сторону повышения качества их хвостов.

Вывод: при половом отборе процесс эволюции идет с ускорением. Но как уже говорилось, вторичные половые признаки могут быть не только морфологическими (мужественная внешность), но и поведенческими. А они зависят от общих когнитивных способностей, от степени интеллекта. Моделирование эволюции, когда половой отбор идет именно на поведенческие, а не только на морфологические признаки, показало, что в этом случае эволюция совершается еще быстрее (кто не верит, может проверить лично: см. «J.Theor.Biol.», 1985, p. 117, 651).

Однако половой отбор не должен противоречить естественному. Если у павлина будет «ну очень» большой хвост, то это увеличит его риск быть съеденным врагом еще до того, как он успеет передать свои гены восхищенной паве. Поэтому половой отбор на усиление определенных поведенческих признаков должен приводить к повышению выживаемости и, значит, подвергаться также и положительному естественному отбору. Вот вам и роль полового размножения и X-хромосом.

Но мало того! Как оказалось, X-хромосома генетически организована не только в расчете на то, что носители ее полезных мутаций станут привлекательными для женского пола (разве

в любом серьезном деле можно полагаться лишь на утонченный вкус женщины?). Суть в том, что в X-хромосоме гены интеллектуальности объединены (сцеплены) с генами, ответственными за репродуктивные функции.

Вот так, почти гениально. С позиций эволюции. И потому серьезные ментальные нарушения весьма часто делают носителей единственной X-хромосомы (то есть мужчин) не способными передать этот плохой признак потомкам.

А что же женщины?

*Быть женщиной — великий шаг,  
Сводить с ума — геройство.*

Б.Л.Пастернак.

**И**менно в том, как они сводят с ума, и заключается великая поведенческая роль женщин в эволюции человечества. А сводят с ума они так, что в ряду поколений количество ума возрастает.

Естественно, это у них, женщин, происходит подсознательно, но очень целеустремленно, и факт налицо. Раньше мы уже говорили об ассортативности браков (отклонении от равновероятного скрещивания между лицами противоположного пола), в частности о том, что браки между более интеллектуальными мужчинами и женщинами более часты, чем если бы они совершались вне всякой связи с IQ (см. «Химию и жизнь», 2002, № 1). И действительно: как показывают многие исследования, по большинству поведенческих характеристик степень ассортативности браков может быть низкой, но она весьма высока по уровню интеллекта и социальному статусу. Поэтому можно полагать, что в ходе эволюции человека подбор брачных пар шел (и идет) в том числе на увеличение степени интеллектуальности супругов. Это повышает жизнеспособность потомков. Да, когда-то главными, условно говоря, были физическая сила и скорость реакции мужчины, но с течением столетий возник и такой вариант направленного подбора брачных пар — подбор, ведущий к повышению интеллекта у потомства. Но за кем здесь главный выбор? Как известно, всем своим поведением предложение делает мужчина, а решает — делает выбор — женщина. На основании чего?

Далее — известное, из мира животных: несмотря на самозабвенное пение соловья, решающее мнение в выборе одного из нескольких таких певцов принадлежит скромной серой самочке. Подобные примеры можно множить до бесконечности, но вот что интересно. Так же, как и соловьи (самцы), или павлины, или львы, мужчины всегда были не прочь демонстрировать свою интеллектуальную перспектив-

ность. Как? Пением серенад под балконом (тебе, любимая!), сочинением сонетов (тебе, единственная!), романсов (только тебе!), созданием произведений живописи и так далее. И все это, в том числе действительно великое, — только ей.

Для чего же все это, если рассуждать не на бытовом уровне, а на эволюционном? Похоже, такие поведенческие черты, как красноречие, музыкальность, артистичность и даже юмор, когда-то возникли для того, чтобы мужчина при ухаживании мог лучше продемонстрировать свой уровень интеллекта. То есть надежней привлечь партнершу. «Ах, какой! — должна внутренне воскликнуть она. — Какой умный!» (Замечание в скобках. Талейран, один из самых великих дипломатов в мировой истории, переживший на разных постах и Великую Французскую революцию, и эпоху Наполеона, и реставрацию монархии, был мал ростом, хил и к тому же колченог, а вот любовник среди дам высшего света имел несметное число. Все его современники, завидуя, конечно, удивлялись: чем он, этот «недоносок», их брал? Ответ: единственно — умом.) И хотя некоторый уровень интеллектуальности, как фактор важный для жизнеспособности, существует, вероятно, у всех животных, но только у людей интеллектуальность достигла весьма высоких значений именно благодаря демонстрации во время ухаживания качеств, связанных с интеллектом.

В доказательство последнего — еще один небезыntenный пассаж. Речь пойдет о результатах исследований, недавно проведенных среди студентов Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Оказалось, что в те дни, когда вероятность зачатия наиболее высока (то есть во время овуляции), студентки предпочитают интеллектуальных мужчин, а в другие, безопасные, дни месяца — мужчин, «которые располагают ресурсами» (богатых и/или влиятельных). Вот такие данные. Каково, а? В общем, в здравом смысле и практичности женщинам не откажешь. И в результате такой стратегии «сведения с ума» (повторим: зачастую неосознаваемой, сугубо инстинктивной) объем человеческого мозга за

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ЛЮБВИ

сотню тысяч лет существенно увеличился. И не только объем — главное, качество. То есть интеллект.

**И**так, подводим итог. Вот пять причин, для чего нужно половое размножение:

1) для быстрого распространения мутаций в популяции за счет передачи хромосом при скрещиваниях;

2) для уменьшения действия вредных мутаций — благодаря тому, что в результате образования диплоидного набора хромосом вредные мутации часто оказываются в неактивном (гетерозиготном) состоянии;

3) для освобождения полезных мутаций от «вредного» груза за счет рекомбинации, происходящей между хромосомами после образования зиготы;

4) для быстрой реализации мутаций в «генах интеллектуальности», расположенных в единственной X-хромосоме мужчин;

5) для высокой ассортативности браков по степени интеллектуальности, что ускоряет эволюцию, направленную на повышение интеллекта.

Впечатляет, не так ли?

Но как насчет справедливости по отношению к женщинам? Ведь они, выбирая для своих детей наиболее умных отцов и направляя эволюцию в сторону интеллектуальности, сами пользуются результатами этого процесса довольно редко. Ведь у них две «умные» X-хромосомы, и полезные мутации в таких случаях могут проявиться, только если будут одинаковыми сразу в обеих хромосомах. А это в череде поколений происходит ой как не скоро.

Впрочем, у всех в этой великой игре, которая есть жизнь, своя роль. Важно, что благодаря роли, которую исполняют женщины (чаще всего неосознанно), человечество в ходе эволюции поумнело. И похоже, будет умнеть дальше.



# Бегство

Академик РАН  
Е.Н.Панов

## ОТ ОДИНОЧЕСТВА

В московском издательстве «Лазурь» недавно вышла книга, название которой «Бегство от одиночества». Вполне литературное название, согласитесь. Книга (толстенная, кстати) прекрасно издана, в меру насыщена иллюстрациями, исполненными в жанре графики. Всё не так уж странно, если бы не одно: автор этой книги — биолог и вся она, от начала и до конца, о биологии, о том, что же неосознанно (неосознанно, повторим!) движет нами, обитателями планеты, чтобы продолжалась жизнь.

Биология, этология (наука о поведении животных), социология и, да-да, литература. Вероятно, со времен лауреатов Нобелевской премии К.Лоренца, Н.Тинбергена и К.Фриша (а это 1973 год) не появлялось исследования, которое столь красноречиво (и красиво) доказывало бы, кто же мы, люди, по сути своей есть. И почему мы такие. И какими будем (к сожалению, скорее всего).

А почему литература, спросите вы? А потому, что в основе жизни — всегда конфликт. Неизбежный конфликт между интересами индивида и вида, личности и социума, да и между двумя личностями, в конце концов. И где же она, так необходимая всем социальная гармония? Однако уточним: необходимая — теоретически, а вот на практике, если об отношениях, никакой гармонии нет, да и вряд ли она возможна вообще. Это показывает биология. Ибо социальное — есть ее следствие. Не о том ли, не будучи учеными, по-своему писали Достоевский и Булгаков?

И наконец, об авторе. Евгений Николаевич Панов — доктор биологических наук, профессор, руководитель лаборатории сравнительной этологии и биокоммуникаций Института проблем экологии и эволюции РАН, академик РАН. Долго работал в заповеднике Кедровая Падь на Дальнем Востоке. Автор сотен научных публикаций и нескольких научно-популярных книг, которые удостоены первых премий и переведены на иностранные языки (в том числе японский). За исследования в области эволюции поведения животных удостоен Государственной премии РФ за 1993 год. Член Международной орнитологической комиссии. Автор и друг «Химии и жизни». Последнее нам особенно приятно.

С любезного согласия автора мы воспроизводим несколько глав из его книги.



### 1. Союз ради продолжения рода

*Муж с женой подобен луку,  
Луку с крепкой тетивой:  
Хоть она его сгибает,  
Но сама ему послушна,  
Хоть она его и тянет,  
Но сама с ним неразлучна:  
Порознь оба бесполезны!*

Лонгфелло.  
Песнь о Гайавате

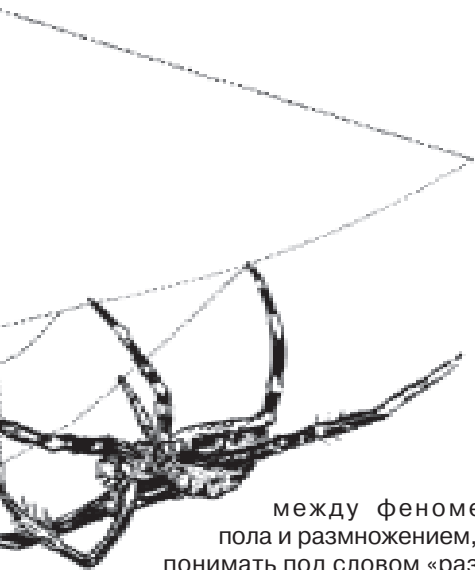
Очень многие из тех разнообразных задач, которые живое существо вынуждено решать, чтобы отстаивать свое место под солнцем, допускают известную свободу выбора.

Это последнее — свобода выбора — принципиально важно. Индивидуалист при прочих равных условиях будет склонен укрываться от врагов и разыскивать пищу в одиночку, а коллективист — в компании с себе подобными. Но сколь бы сильны ни были индивидуалистические наклонности особи, ей не суждено произвести потомства, не заключив временный или постоянный союз с существом противоположного пола. И хотя это нельзя отнести в полной мере ко всем обитателям нашей планеты, необходимость продолжения рода все-таки оказывается одним из наиболее универсальных стимулов, которые способствуют формированию добровольных коллективов в мире животных.

Но вот в чем удивительный парадокс: *размножение и половой процесс — это не одно и то же.*

Однако прежде чем приступить к этой увлекательной теме, необходимо вкратце познакомиться с тем, что же в действительности представляет собой явление пола. Можно ли представить себе жизнь в отсутствие противостоящих друг другу (и взаимодополнительных в своей противоположности) мужского и женского начал? И если нет, то почему же все-таки именно разнополость представляется нормой, а любое иное состояние — экзотикой или нонсенсом?

Впрочем, вполне правомерен и еще более неожиданный вопрос: существует ли прямая и однозначная связь



между феноменом пола и размножением, если понимать под словом «размножение» увеличение числа особей в чреде поколений? Или, иными словами, непременно ли для деторождения предназначено разделение индивидов по признаку пола? Чтобы подоплека всех этих вопросов стала для нас более простой и понятной, давайте обратимся для начала к рутине жизни — к размножению некоторых одноклеточных организмов из числа тех, которые нам хорошо известны под названием «простейших».

Вот родич самой обыкновенной амебы, именуемый солнечником (см. рисунок). От шаровидного комочка цитоплазмы диаметром около десятой доли миллиметра во все стороны расходятся тонкие прямые лучи-псевдоподии, которыми солнечник, парящий в толще воды, захватывает употребляемые им в пищу микроорганизмы. Размножается солнечник делением надвое: сначала делится ядро клетки, а затем пополам перешнуровывается его цитоплазматическое тело.

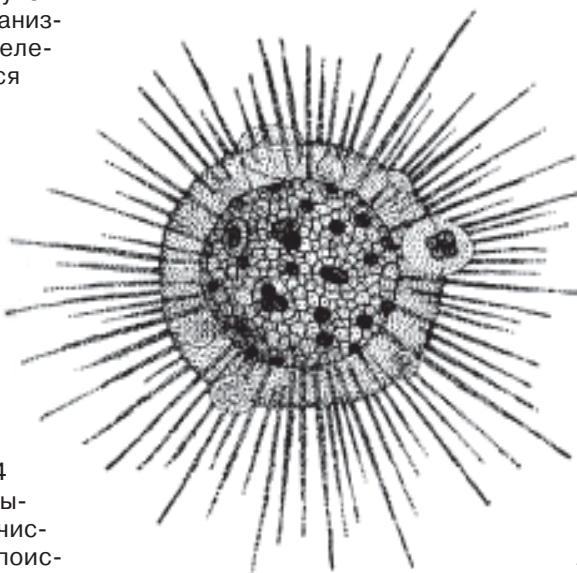
Наблюдая за жизнью этих микроорганизмов в искусственном резервуаре, ученым удалось проследить преемственность в потомстве одного-единственного солнечника на протяжении 1244 поколений. Уже в десятом поколении число солнечников, берущих начало от своего пра-родителя-одиночки, теоретически должно составлять 1424 особи, а к моменту появления тысячного поколения ожидаемое число особей обязано достигнуть поистине астрономической величины!

Казалось бы, в царстве солнечников — полное благополучие, которое должно быть гарантировано их способностью к бесполому размножению, осуществляемому в геометрической прогрессии. Однако более

пристальное изучение образа жизни этих созданий показало, что дело обстоит не совсем так.

Если мы будем день за днем наблюдать за солнечниками, пользуясь сильным микроскопом, то однажды сможем заметить нечто странное: один из солнечников ведет себя не так, как остальные. Начинается все с того, что этот солнечник втягивает внутрь цитоплазматического тельца свои лучи-псевдоподии, теряя сходство с великим светилом, по имени которого он получил свое название. Затем вокруг ставшего шарообразным комочка цитоплазмы образуется плотная оболочка, после чего тело солнечника делится пополам, как и при обычном бесполом размножении.

Но этим дело не ограничивается. Ядро каждой из двух образовавшихся клеток делится снова, а затем еще раз. После каждого из этих делений одна «половинка» ядра отмирает (это называется редукционным делением, или мейозом). В результате всех этих преобразований под наружной обо-



лочкой мы снова обнаруживаем две клетки — столько же, сколько их было здесь после первого деления солнечника надвое, но сейчас каждая клетка несет в себе как бы лишь четвертушку своего первоначального ядра.

Вскоре после этого одна из двух клеток выпячивает короткие псевдоподии, направленные в сторону второй клетки. Псевдоподии внедряются в тело последней, цитоплазма обоих соседей постепенно сливается воедино, а их ядра движутся по направлению друг к другу и тоже соединяются. После этого оболочка распадается, и заключенная в ней единственная клетка выпускает из себя длинные лучи-псевдоподии, превращаясь в полное подобие того солнечника, с которым и произошли все эти странные метаморфозы. Это возродившееся создание отправляется в свободное плавание и вскоре делится пополам, давая начало новым поколениям солнечников.

Все те события, которые только что прошли перед нашими глазами, есть не что иное, как половой процесс! Да, именно: половой процесс, вклинившийся в чреду бесполовых поколений солнечников. Это утверждение может звучать несколько странно, если принять во внимание, что у солнечников пол, по сути дела, отсутствует. И верно,

у них нет подразделения на женских и мужских особей. Но если мы все-таки убеждены, что наблюдавшиеся метаморфозы тесно связаны с явлением пола, то тогда необходимо признать: в данном случае имеет место нечто вроде самооплодотворения. И в самом деле: те две клетки, которые слились друг с другом на конечной стадии процесса, мы вынуждены считать половыми клетками, или гаметами, начало которым дал один и тот же бесполой (или двуполой) организм. Та гамета, которая стала захватывать псевдоподиями свою соседку, может быть названа мужской гаметой; вторая гамета, которая в конце концов слилась с первой, — женской гаметой.

Что же нам дает право называть эти клетки гаметами, уподобляя их спермию и яйцеклетке, которые сливаются (объединяются) друг с другом при зачатии у человека и у других двуполовых животных? Прежде всего то, что ядра интересующих нас клеток, как и



ядро любой другой «типичной» гаметы, несут в себе одинарный (гаплоидный) набор хромосом — в отличие от породившего ее индивида, все клетки которого у многих (хотя далеко не у всех) организмов имеют в своих ядрах двойной (диплоидный) набор хромосом. Уменьшение числа хромосом вдвое при образовании гамет у всех животных и растений осуществляется за счет двукратного деления диплоидной клетки родительского организма. И этот процесс двукратного деления клетки, именуемый мейозом, как это ни удивительно, мало чем отличается у солнечника и у высших двуполовых организмов — например, у человека. Диплоидные (неполовые) клетки мужчины и женщины содержат в своих ядрах по 46 хромосом, а в ядрах гамет их число сокращается до 23. Единственная клетка солнечника несет в себе 44 хромосомы, а в сливающихся друг с другом гаметах этого вида содержится по 22 хромосомы. Что это как не мейоз и половое размножение!

**Т**еперь мы уже можем дать ответы на вопросы, поставленные в начале. На вопрос, возможна ли жизнь в отсутствие пола, приходится ответить положительно. Если пример солнечника не вполне убеждает в этом, поскольку в бесконечной череде бесполого размножения он все же изредка прибегает к половому процессу, как мы только что удостоверились, то, скажем, амеба способна только к бесполому делению пополам. С другой стороны, половой процесс в той или иной своей форме присущ подавляющему большинству органических видов — от бактерии до человека. А это значит, что он может давать какие-то преимущества перед монотонностью бесполого существования. И наконец, на вопрос о том, имеется ли простая и однозначная связь между полом и размножением, следует с определенностью ответить: нет.

И в самом деле, мы видели, что у солнечника размножение, то есть увеличение числа особей, происходит

путем деления их надвое (с сохранением после каждого деления двойного набора хромосом), а в результате полового процесса место приступившего к нему солнечника занимает всего лишь один-единственный индивид.

Я хотел было написать «тот же самый солнечник», но вовремя остановился. Ибо это вроде бы тот же самый экземпляр, возникший из «половинок» солнечника, претерпевшего метаморфоз, но с другой стороны — уже не совсем тот же. Он не идентичен своему предшественнику, поскольку во время полового процесса была утрачена часть ядерного материала (при отмирании трех четвертушек от каждого ядра тех клеток, которые превратились в гаметы). Кроме того, не вдаваясь в тонкости мейоза, во время которого диплоидный набор хромосом превращается в гаплоидный, следует все же сказать, что важнейшим последствием этих преобразований оказывается изменение набора генов в самих хромосомах. И в результате тот солнечник, который приступил к половому процессу, и тот, который по окончании его отправился странствовать по воле волн, — это генетически два неодинаковых существа. Именно в этой реорганизации генетической конституции клеток биологи видят главное значение полового процесса у низших организмов и полового размножения — у высших.

Поэтому повторим еще раз: размножение и половой процесс — это не одно и то же.

**С**казанное во многом подтверждается наблюдениями за жизнью других простейших, в частности инфузорий.

Эти одноклеточные создания, стоящие на более высокой ступени организации по сравнению с солнечником, подобно последнему способны в течение сотен поколений размножаться делением надвое. Однако у многих видов инфузорий такое бесполое размножение не может продолжаться бесконечно: постепенно скорость приумножения числа особей снижается, а затем инфузории перестают

делиться и погибают. Все это очень напоминает процесс старения у высших животных, заканчивающийся естественной смертью.

Человек пока еще не нашел рецептов омоложения стареющего организма, а вот инфузории вполне обладают такой способностью. Чтобы восстановить свою жизненную энергию, инфузории, принадлежащей к стареющему, готовому угаснуть клону, необходимо обновить набор своих генов. А для этого она должна вступить в интимную связь с другим подобным ей созданием.

И изредка вступает. Половой процесс у инфузорий носит название конъюгации. Две инфузории подплывают друг к другу и слипаются боковыми поверхностями своих продолговатых тел. В это время ядра в тельцах обоих партнеров начинают делиться (это то же, что и мейоз у солнечников). По окончании мейоза в цитоплазме каждой инфузории остается по два гаплоидных ядра. К этому моменту в оболочках клеток обеих инфузорий образуется нечто вроде окошечек, и здесь цитоплазма той и другой клетки сливается воедино. В итоге каждая из конъюгирующих инфузорий обладает диплоидным ядром, в котором половина хромосом изначально принадлежала первой особи, а другая половина получена от партнера по конъюгации. По окончании конъюгации партнеры разъединяются, после чего каждый из них вновь способен долгое время размножаться простым делением надвое.

Вот так, благодаря редким эпизодам полового процесса в череде сотен циклов бесполого размножения, инфузории обретают бессмертие.

Основа последнего — вновь и вновь поставляемое генетическое разнообразие. А оно создается в ходе и за счет полового процесса. Неудивительно, что все это отслеживается уже на уровне простейших.

Но там, где возникает половой процесс, начинаются конфликты. Об этом — самом интересном и драматическом — дальше.

*Продолжение следует.*



## ЗООЛОГИЯ

# Бесхвостые кошки оказались зайцами

*Домашние животные иногда очень сильно отличаются от своих диких предков, особенно если речь идет не о рабочей скотине, а о домашнем любимце. У декоративных пород люди ценят необычный облик, поэтому стараются не пропустить ни одной мутации. Иногда погоня за новинкой приводит к неожиданным результатам.*

В 1987 году в Ижевске прошла первая городская выставка кошек, на которой демонстрировали в основном местные породы, а экспертизу проводили фелинологи из Санкт-Петербурга. Особое внимание специалистов привлекла не крупная кошка по кличке Муся. У нее была короткая белая шерстка с небольшими пятнами агути (так котоводы называют пестренький дикий окрас), необыкновенно яркие изумрудные глаза, а главное, практически отсутствовал хвост — в наличии имелось всего три позвонка. Фелинологи установили, что такие животные встречаются иногда в отдаленных селах Удмуртии. Предвкушая сенсацию, питерская команда нагрянула в село Байкузино Глазовского района. Увиденное их потрясло.

Действительно, почти все кошки в селе Байкузино от рождения бесхвостые. Это небольшие, крепко сбитые животные, шерсть у них короткая, окрас чаще всего рыжий или черепаховый. Помимо отсутствия хвоста, байкузинские коты имели еще две интересные особенности. Во-первых, их часто можно было встретить в поле, хотя обычно кошки избегают открытых мест. По полю животные передвигаются бегом и, имея необычайно длинные задние ноги, выбрасывают их на бегу перед передними, удивительно напоминая при этом зайцев. Вторая отличительная черта байкузинских кошек — мягкий нрав. Однако он быстро сменился агрессивностью, когда питерские фелинологи стали отлавливать животных. Несмотря на спотравливание, нескольких бесхвостых мутантов вывезли в Петербург и стали разводить их, а также скрещивать с кошками других пород, чтобы установить тип наследования и влить удмуртским животным свежую кровь.

Однако эти, как говорят генетики, чужеродные скрещивания не приносили потомства. Сначала фелинологи приписывали сей факт генетической несовместимости, вызванной действием мутации бесхвостости (известно, что для других бесхвостых пород, например для мэнской кошки, характерна пониженная плодови-



тость). Однако заключение приглашенных экспертов из Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины заставило котоводов отказаться от этой гипотезы, а заодно прояснило причины необычного поведения и облика байкузинской популяции. При ближайшем рассмотрении необычные кошки оказались безухими зайцами. Потому-то и хвост у них короткий, и ноги длинные, и носятся они по полю, как зайцы.

Теперь питерские ученые планируют новую экспедицию в Байкузино. Им предстоит установить природу мутации безухости и причину, по которой у местных зайцев отсутствуют характерные верхние резцы.

## СЕЛЕКЦИЯ

# Растения-экстремалы

*Пшеницу, способную выжить «по колелю» в воде, кукурузу, устойчивую в условиях засухи, холода и засоленной почвы, наконец, газонные травы, не желтеющие даже на протравленных медью обочинах дорог, — все эти растения смогли вывести ученые из Института физиологии растений РАН (Москва). Создать таких экстремалов сотрудникам отдела биологии и биотехнологии ИФР РАН помог разработанный ими метод клеточной инженерии злаковых растений.*

По сути дела, ученые использовали метод, проверенный многими поколениями селекционеров: отбор самых приспособленных, более быстрый, чем в природе. Ведь и на обычном затопленном ливнями поле наверняка выживет хоть один колосок пшеницы, а на сплошь желтом газоне вдоль автостреды сохранит сочную зелень хоть одна травинка. Это мутанты, и в обычной жизни их просто не заметят — или через миллион лет, при удачном стечении обстоятельств, если им удастся размножиться, появится новый вид, для которого такие экстремальные условия — норма.

Благодаря усилиям московских биологов так долго ждать не придется. Весь процесс, на который в природе уходят эпохи, они научились проводить в лабо-

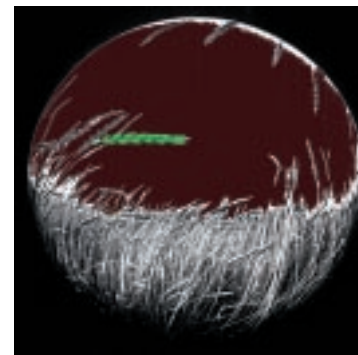
ратории за несколько месяцев. И теперь у них уже есть семена пшеницы, кукурузы и газонных трав, которых совершенно не пугают экологические сложности — ни природные, ни созданные человеком.

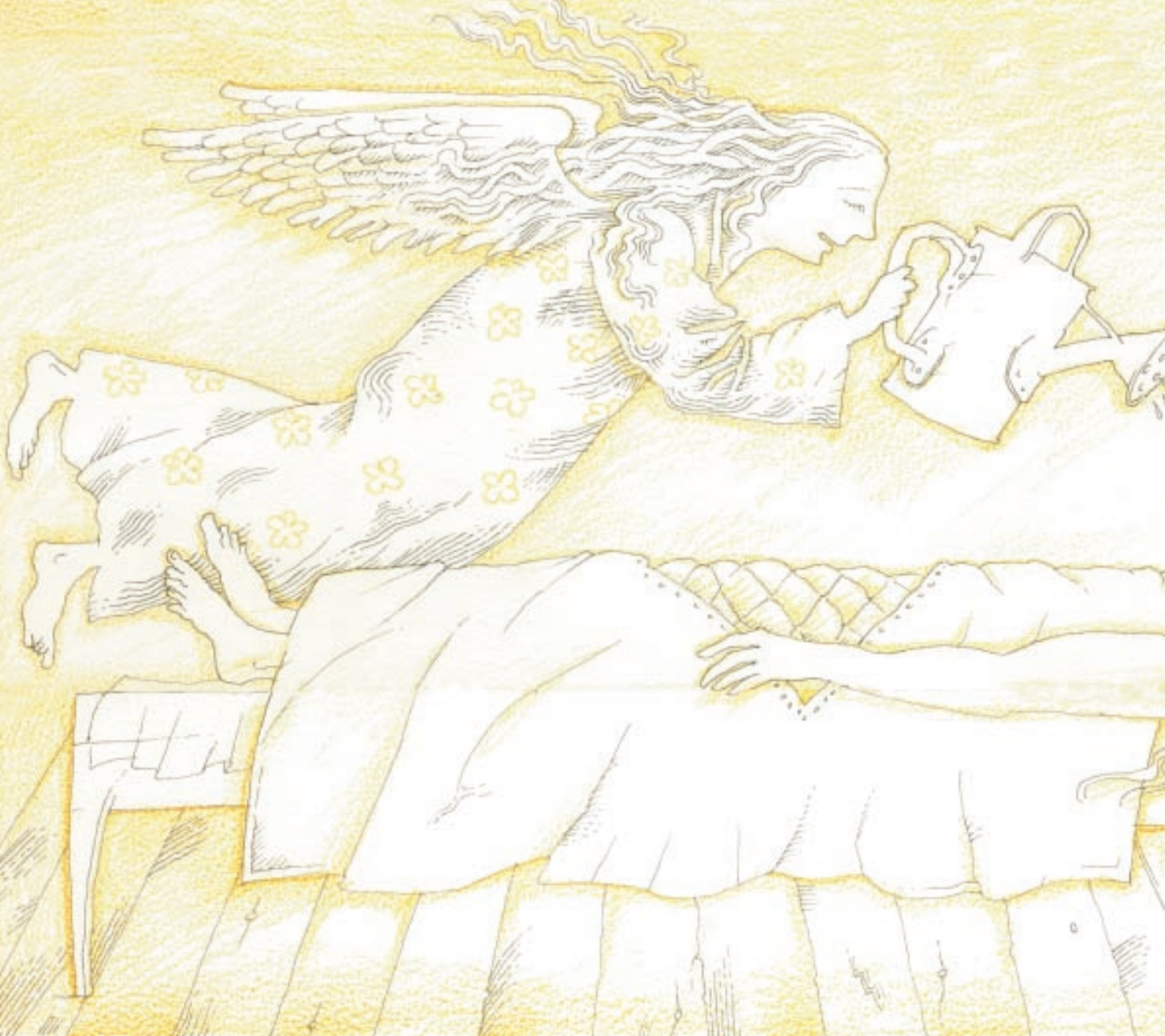
Основные этапы работы исследователей заключаются в следующем. Сначала они получают так называемый каллус. Это похожая на картофельное пюре бесформенная масса, которая состоит из клеток подопытного растения. Чтобы получить каллус, ученые опыляют растение, собирают его семена, выделяют из них зародыши и сажают их в питательную среду с гормонами роста — это стандартная процедура.

Вот эти-то комочки и становятся объектом эксперимента. Их выделяют и помещают в новую питательную среду, имитирующую те трудности, с которыми придется столкнуться в реальной жизни будущим растениям-экстремалам. Если цель ученых — вырастить устойчивую к затоплению пшеницу, то каллус будут мучить нехваткой кислорода, а если нужен элитный газон, который не утратит изумрудной зелени даже в придорожной пыли, то в питательную среду добавят лошадиную дозу раствора меди, способную за неделю убить любую обычную траву.

Почти все клетки в таких бесчеловечных условиях погибнут. Но некоторые выживут — примерно одна из миллиона. Ведь мутанты есть всегда, и обязательно найдется хоть один, который устоит в экстремальной ситуации. Вот его-то, этот выживший кусочек каллуса, и выделяют из общей массы и теперь уже в обычной питательной среде выращивают из него полноценное растение. А из семян родителей, переживших экспериментальные трудности, с большой долей вероятности вырастут похожие дети — им устойчивость передается по наследству, поскольку закреплена генетически.

Разумеется, ученые проверили, как долго сохраняется у выведенных растений способность выживать в сложных условиях. Оказалось — не менее трех поколений. Дальше авторы пока не проверяли, но уже сейчас ясно: если поле обычной пшеницы, например, окажется затопленным больше чем на неделю, весь урожай погибнет. А новая, выведенная москвичами, выживет по меньшей мере наполовину, так что хотя бы часть урожая будет спасена.





# Современный наркоз

Доктор медицинских наук,  
профессор

**В.Б.Прозоровский**

## Откуда он взялся

Боль, образно и точно названная «сторожевым псом здоровья», всегда сопровождала человека. Но если здоровому человеку она необходима, чтобы предупредить о болезни, а врачу — чтобы помочь установить диагноз, то во время операций она, естественно, не нужна и даже опасна. В лучшем случае боль причиняет страдания оперируемому и мешает оперирующему, в худшем вызывает шок и смерть. Чего только не применяли врачи, чтобы как-то утолить боль при операции! Давали алкоголь, сок снотворного мака — опий, ядовитые травы, вызывающие изменения сознания, — красавку (белладонну), дурман. Даже пережимали сонные артерии, чтобы вызвать обморок. Но все это плохо помогало и было опасно. Наркоза в том смысле, как он понимается сейчас, не существовало.

Так что же такое наркоз? К сожалению, точного определения его нет и поныне. Согласно «Энцикло-





педическому словарю медицинской терминологии», слово «наркоз» происходит от греческого *narcosis* — оцепенение, усыпление и означает «особое состояние, характеризующееся обратимым угнетением центральной нервной системы, которое проявляется исключением сознания, подавлением всех видов чувствительности (в первую очередь болевой), рефлекторных реакций и снижением тонуса скелетных мышц». По сути, это просто описание признаков наркоза — оно не объясняет, что есть наркоз на самом деле. Добавим, что, согласно этому определению, наркоз может быть вызван не только воздействием химических веществ, но и электротоком, и гипнозом.

Странно, но до середины XIX века о возможности достичь наркоза — насто-

ящего хирургического наркоза, при котором врач может спокойно, не боясь осложнений, производить операцию, а больной переносит ее, ничего не ощущая и ни о чем не беспокоясь, — никто даже не помышлял.

Первую операцию по удалению опухоли с помощью диэтилового эфира (который теперь называют просто «эфиром») произвел 30 марта 1842 года американский врач Кроуфорд У. Лонг, однако современники не обратили на нее внимания. Историческую справедливость восстановили потомки: 30 марта в США теперь отмечается как День медика. И все же чаще приходится слышать, что история медицинского наркоза началась в 1844 году, когда зубной врач из штата Коннектикут Хорас Уэллс, побывав на выступлении путешествующего лектора Гарднера К. Колтона, который демонстрировал действие веселящего газа (закиси азота), заметил, что человек, вдохнувший газ, не почувствовал боли в подвернутой ноге. На следующий день Уэллс попросил Колтона опробовать действие закиси азота на нем, после чего Уэллсу удалил зуб его ассистент Джон Риггс. (Здесь надо отметить, что еще сэр Хамфри Дэви, первооткрыватель закиси азота, химик и хирург, в 1800 году высказывал предположение, что это вещество возможно использовать для обезболивания при медицинских манипуляциях.)

Дальше предложения новых веществ, утоляющих боль, посыпались как из рога изобилия. Хотя наркотизирующие свойства эфира открыл еще Майкл Фарадей в 1818 году, первооткрывателями этого вещества для медицины стали американский зубной врач Уильям Т. Г. Мортон и химик Чарльз Джексон. День первой операции с применением эфира (это также было удаление зуба) — 16 октября 1846 года — официально считается днем изобретения наркоза. Следующим важным шагом был синтез хлороформа, который практически одновременно и независимо друг от друга провели знаменитый немецкий химик Юстус Либих и французский аптекарь Эжен Суберен. Для обезболивания родов

хлороформ впервые применил Джеймс Симпсон, глава родильного дома в Эдинбурге, в 1847 году. (С 1990 года использование хлороформа для наркоза запрещено.)

Тут нельзя не сказать несколько слов о Н. И. Пирогове, который знаменит не только своими блестящими операциями и организацией медицинской помощи на поле боя, но также изобретением новых способов применения наркотизирующих средств. В тех случаях, когда не могла быть использована эфирная маска (например, при ранениях лица), Пирогов предложил вводить эфир через прямую кишку, непосредственно в трахею, под мягкую мозговую оболочку (прямокишечный, интратрахеальный, субарахноидальный наркоз).

В 1899 году химик Дрезер сообщил о синтезе на основе уретана нового сильного снотворного средства — гедонала (метил-пропил-карбинолуретана). Изучив его свойства, профессор Военно-медицинской академии Н. П. Кравков предложил новый способ наркотизации — вводный (индукционный) наркоз. Таблетку гедонала больному давали еще в палате, и в операционную он поступал в состоянии глубокого сна. После этого введение в наркоз хлороформом стало более спокойным, осложнения наблюдались редко.

Ученик Н. П. Кравкова А. П. Еремич в 1910 году применял гедонал внутривенно при различных операциях. Так была открыта новая страница в истории наркоза — ингаляционный внутривенный наркоз, который одно время даже называли «русским наркозом». Впрочем, о внутривенном наркозе мы поговорим чуть позже, а пока вернемся к ингаляционному.

### От марлевой маски до газоанализатора

Не могу забыть, как я, студент третьего курса, впервые попал на операцию и встал на место наркотизатора. В то время (это был 1950 год) устройство для наркоза было самое примитивное — марля на металлическом

каркасе, закрывающая больному нос и рот, и больше ничего. Наркотизатор капал из бутылочки эфир на маску. Конечно, когда хирург копается в кишках, а больной просыпается, у больного возникает рвота. Тут же началась рвота и у молодой, абсолютно неопытной аспирантки, проводившей наркотизацию. Наконец терпение хирурга лопнуло, и он спросил, кто из студентов может ее заменить. Вызвался я. У больного был рак желудка, у профессора начали трястись руки, операция тянулась больше трех часов, кровь текла ручьями... К сожалению, хорошего конца у этой истории не получилось.

Современный ингаляционный наркоз, то есть введение анестезирующего газа или паров через дыхательные пути, принципиально отличается от описанного. Начнем с того, что появились врачи-специалисты — анестезиологи и их помощники анестезисты. Операционная наполнилась приборами, которые постоянно следят за артериальным давлением, пульсом, насыщением крови кислородом, электрокардиограммой и электроэнцефалограммой, — словом, все состояние больного как на ладони. Масочный наркоз применяют редко, да и маски совсем не похожи на те, что были полвека назад. Наркотизирующее вещество подается через аппарат, который точно дозирует и концентрацию его паров, и концентрацию кислорода. Ингаляционный наркоз был принципиально усовершенствован — стало возможно применять смесь наркотизирующих веществ, устраняющих недостатки друг друга (так называемый сбалансированный наркоз). Существует лишь одно абсолютное противопоказание: предшествующие ожоги дыхательных путей.

Крайне опасно при многих видах наркоза вдыхание рвотных масс, но его можно исключить эндотрахеальным введением наркотика через трубку с раздуваемой манжетой. Очень важное преимущество ингаляционного метода — наркотизирующее вещество можно быстро вывести из организма больного с помощью усиленной вентиляции легких кислородом. Неожиданную остановку дыхания можно устранить с помощью аппарата искусственного дыхания (или, более точно, аппарата ИВЛ — искусственной вентиляции легких). Быстрота введения в наркоз и выхода из него — важные достоинства ингаляционного способа. Правда, состояние после эфирного наркоза обычно неважное. Эфир вызывает у больного раздражение дыхательных путей, к тому же он взрывоопасен (другие более современные средства лишены этих недостатков).

Естественно, эфир теперь практически не применяют для анестезии. Его заменил сначала галотан (фторотан), а затем и его улучшенные производные: энфлюран (этран), изофлюран (форан) и другие. Идеальными их считать нельзя, хотя они и обеспечивают глубокий, легко управляемый наркоз. К сожалению, они несколько снижают сократимость сердечной мышцы, а это требует одновременного применения других лекарств — ничего страшного, и все же нежелательно... Точность дозирования теперь обеспечивают, подключая к трубке выхода газоанализатор. Закись азота используют для вводного наркоза.

Общий недостаток у всех видов ингаляционного наркоза — то, что выдыхаемое больным анестезирующее вещество поступает в воздух операционной. Присутствующим на операции врачам и сестрам это не только совершенно ненужно, но и вредно.

## Минуя легкие

Неингаляционный наркоз вроде бы совсем прост: катетер, введенный в вену (или игла в мышцу), плюс шприц с наркотизирующим веществом. Однако простота эта кажущаяся. Главное затруднение: ввести вещество легко, а удалить — невозможно. Кроме того, требуется как-то учесть, что липофильный (жирорастворимый) анестезирующий препарат быстро переходит из мозга в жировую ткань. После этого он должен либо разрушаться в печени, либо выводиться через почки. Но почки-то не всегда хорошо работают. Вот почему выбор вещества — весьма ответственный момент, поскольку заменить один анестетик другим или их комбинацией во время неингаляционного наркоза достаточно сложно.

Теперь, правда, для этого созданы весьма совершенные аппараты. В первых, встроенные в них анализаторы регулярно определяют содержание наркотизирующего вещества в крови, а их показания подаются на компьютер, который точно поддерживает заданную скорость подачи наркотика. Во-вторых, к компьютеру подключают аппарат с несколькими шприцами, и это позволяет переходить от одного вещества к другому или смешивать их в нужных пропорциях (это так и называется — смешанный наркоз). Естественно, что все эти процессы сопоставляются с датчиками состояния организма — словом, работает настоящий наркозный центр. Излишне говорить, что, к сожалению, далеко не все больницы оснащены такими центрами.

Гедонал, конечно, давно забыт — его сменили тиопентал и гексенал из группы барбитуратов короткого дей-

ствия. Но, согласно последним данным, барбитураты — это фактически не анестетики, поскольку они плохо ослабляют боль. Эти вещества — хорошие гипнотики, устраняющие сознание. Теперь тиопентал и гексенал вытесняются пропофолом (он же деприван), а также альфетанилом и суфентанилом. Это препараты очень короткого действия и к тому же сильные анестетики, в чем и состоит их основное преимущество. По сути дела, только с их помощью сейчас удается получить достаточную аналгезию у детей. Пропофол вызывает сон через 30 секунд после введения наркотической дозы, а длительность ее действия — 3–5 минут, поэтому наркозом легко управлять. Этот препарат можно использовать повторно.

Из новых препаратов стоит назвать кетамин (кеталор, калипсол). Он обладает гипнотическими и анальгетическими свойствами и используется как для индукции, так и для поддержания наркоза. Детям для введения в наркотическое состояние его вводят внутримышечно. Введение кетамина стимулирует гемодинамику, повышает артериальное и внутричерепное давление, частоту сердечных сокращений. К сожалению, он не только не снижает, а даже повышает мышечный тонус и в начале наркоза может вызвать у пациента непроизвольные движения. В послеоперационном периоде возможны галлюцинации, бред, а почти у трети оперируемых — еще и рвота. Чаще кетамин используют при малых операциях или как компонент анестезии для индукции и при поддержании наркоза вместе с другими анальгетиками (промедол) или транквилизаторами (сибазон).

Теперь все чаще применяют в анестезиологии бензодиазепины, такие, как сибазон (диазепам, реланиум, седуксен). Они оказывают успокаивающее, снотворное, противосудорожное действия, расслабляют мышцы, усиливают эффект наркотических и болеутоляющих средств, снижают артериальное давление. Действуют бензодиазепины долго, до 36 часов, поэтому их эффект трудно управляем. Наиболее популярен мидозолам (дормикум), который вызывает нарушение памяти о недавних событиях и действует значительно короче. Кроме того, эффект мидозолама может быть устранен введением его антагониста анексата.

Оксибутират натрия обладает анальгетическим и гипнотическим действием, повышает выносливость к гипоксии (удушью). Его используют как для индукции, так и для поддержания анестезии. Действует сравнительно слабо, поэтому его сочетают с бензодиазепинами, промедолом или барбиту-

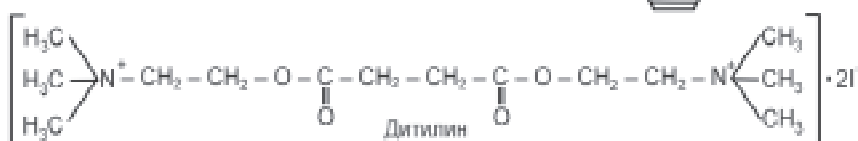
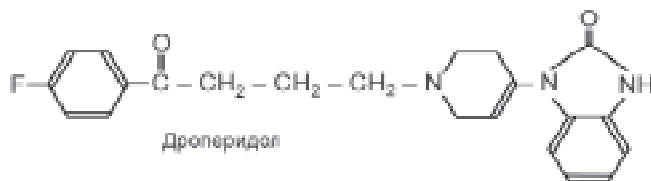
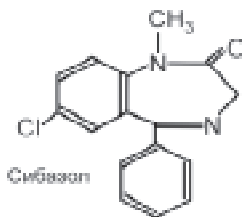
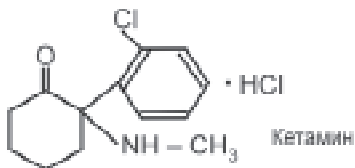
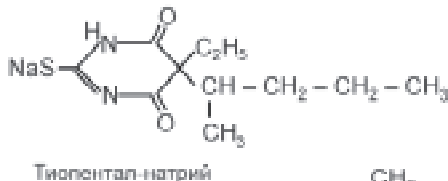
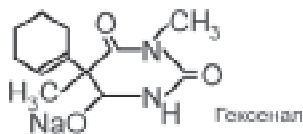
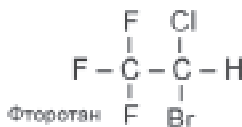
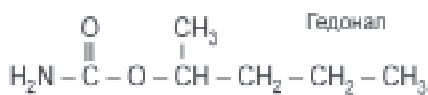


## БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

кация: лекарства вводят непосредственно перед началом наркоза, чтобы предупредить излишние рефлексы с внутренних органов на сердце (атропин, противогистаминные препараты, препятствующие шоку, такие, как димедрол, пипольфен, и дополнительные болеутоляющие, такие, как промедол). Бывает и потенцированный наркоз, когда перед его началом вводят препараты, усиливающие действие анестетика, например реланиум (сибазон). Если применяются одновременно несколько анестезирующих средств, усиливающих действие друг друга, это многокомпонентный наркоз. Кроме того, сам наркоз, о чем мы уже упоминали, делится на вводный — слабый, но быстро наступающий, базисный — основной, сильный и длительный, к которому обычно добавляют более слабый, но легко управляемый анестетик, и заключительный — тоже слабый, но обеспечивающий спокойное пробуждение. Повторим снова: идеальных наркотических средств нет. Из-за наличия разных побочных эффектов препараты приходится комбинировать или использовать один после другого.

Современная техника позволяет с учетом особенностей большого комбинировать внутривенные анестетики в таких, например, сочетаниях: тиопентал (быстро наступающий сон), затем оксибутират натрия (аналгезия) и спокойный выход из наркоза — при повышенном сахаре в крови или гипертонии виадрил плюс седуксен, при сниженной функции надпочечников дроперидол плюс виадрил, при сниженном артериальном давлении добавляют фентанил.

Несмотря на то что идеального анестетика так и не изобрели, спокойный наркоз, устраивающий больного и врача, получить можно. Тут важнее не то, какое вещество вводят пациенту, а то, кто это делает. Мой первый опыт — отличное тому подтверждение.



ратом, а в некоторых случаях и с ингаляционными наркотиками. Виадрил (предион) применяют для вводного и самостоятельного наркоза. В качестве базисного наркоза его используют совместно с ингаляционными анестетиками. Он усиливает мышечное расслабление. Основное осложнение — раздражение стенки вены.

Кроме внутривенного, по особым показаниям иногда используют также другие виды наркоза: внутримышечный, внутрибрюшинный, внутрикостный и внутриплевральный. Отсюда лозунг: «Каждому больному — свой наркоз». Борьба между сторонниками ингаляционного и неингаляционного способов продолжается по сей день, хотя чаша весов постепенно склоняется в пользу последнего. Немалую роль тут играют в первую очередь интересы больного: отсутствие устрашающих трубок во рту и ощущения удушья, но также и удобство врачей — неограниченность операционного поля и отсутствие наркотика в воздухе операционной и т. п.

## Не просто сон

Сегодня термин «наркоз» употребляют все реже. В самом деле, главная задача врачей — все же не «оцепенение», не утрата сознания у пациента, а устранение всех видов чувствительности. Например, существует такой поверхностный наркоз — рауш-наркоз (что значит «оглушающий»). Он устра-

няет чувствительность, а сознание и тонус мышц сохраняется. Есть еще нейролептаналгезия: сочетание сильного болеутоляющего средства, такого, как фентанил, с нейролептиками (подавляющими нежелательные реакции центральной нервной системы, например, страх, шок, рвоту, бред), подобными дроперидолу. Сознание при этом опять-таки сохраняется. Бывает, что требуется только расслабление мышц, — тогда применяют специальные вещества, миорелаксанты (тубокурарин, дитилин и др.). Теперь в официальной медицине чаще употребляют выражение «общая анестезия», тем более что так получается четкое противопоставление с местной анестезией — локальным обезболиванием, для которого используют не наркотические средства, а вещества вроде новокаина и лидокаина.

Отдельная проблема — то обстоятельство, что многие хирургические больные не столько страдают во время операции, сколько в процессе ее ожидания. Порой им бывает нужна предварительная подготовка с помощью атарактиков, веществ, снимающих страх (алпразолам, грандоксин, фенибут), — иначе возможна беда. Непрост и послеоперационный период — нужно помочь человеку бороться с болью, но не нарушая функции дыхания и работу кишечника (здесь используются кетопрофен, кеталок, кетанов). Считать ли это наркозом? А есть еще и так называемая премеди-





# Химия и как ей учить

Кандидат  
химических наук  
Е.А.Менделеева,  
МГУ, НИИ  
Развития образования

## ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

### Мнение пациента

Одно из отличий хорошего врача от плохого в том, что он интересуется мнением пациента. Несколько месяцев назад мы провели опрос учеников одного из 11-х классов Специализированного учебно-научного центра им. А.Н.Колмогорова МГУ (СУНЦ). Ребят просили оценить, какие из знаний, полученных в школьном курсе химии, могут им пригодиться в жизни, а какие совсем не нужны. На вопросы отвечали школьники, которые учатся в физико-математическом классе. Они поступали к нам в 11-й класс, съехавшись со всей России и выдержав большой конкурс. Непосредственно для вступительных экзаменов в вуз химия этим ребятам, как правило, не нужна, однако они настроены на учебу, и почти все признали, что изучать химию в школе полезно и необходимо. «Знания не могут быть ненужными» — характерный ответ.

Ребята особо отметили важность знаний, связанных с обеспечением жизнедеятельности: правила обращения с лекарствами, химическими бытовыми средствами и т. п., а также знаний, которые могут пригодиться во время аварий с выбросами ядовитых веществ. Они упоминали и о необходимости фундаментальных знаний: «Самым нужным является то базовое знание, что все тела состоят из атомов, объединенных в молекулы и могущих перегруппировываться в другие формы. Знание этого позволяет не доверять мистическим толкованиям происходящего вокруг, а найти способ реально повлиять на протекающие процессы». И конечно же нашим ученикам, как и другим школьникам, хочется по-



больше ярких опытов и примеров из повседневной жизни.

К мнению школьников надо относиться внимательно — они на себе испытывают последствия педагогических экспериментов. Тем более что они в состоянии критически оценить свою способность быть экспертами. «Я не могу судить о программе, поскольку я ее не знаю. А вообще, химию надо сделать обязательным предметом и преподавать только тем, кого она интересует».

### Что делать?

Предположим, что нам, преподавателям, предстоит решать, каким должно быть преподавание химии в школе, что добавить, а что убрать, обязательен ли вообще этот предмет. Самый простой ход — оставить все как было. Есть огромный многолетний опыт преподавания, и, по мнению многих учителей и преподавателей вузов, выпускники школ 15–20 лет

назад знали химию значительно лучше, чем нынешние. Так, может, переиздать старые учебники и все будет хорошо?

Но в прошлое вернуться не удастся — многое изменилось в стране, в жизни, в учениках, в целях преподавания химии. Раньше естественные науки преподавали ради формирования марксистско-ленинского материалистического мировоззрения, воспитания строителей коммунизма, подготовки кадров для производства и военно-промышленного комплекса.

Сейчас перед школой не ставится задача формирования материалистического мировоззрения, ученик и его родители вправе выбирать, как и во что им верить. Много говорят о гуманизации и гуманитаризации образования, хотя бы на словах признана самоценность личности — не человек для производства, а производство для человека. Соответственно школьные курсы должны



## ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

быть больше ориентированы на человека, его организм, на его взаимоотношения с окружающей средой. Например, вместо подробного изучения технологического процесса производства серной кислоты, возможно, стоит обсудить причины возникновения кислотных дождей и вред, который они приносят окружающей среде.

Кроме того, раньше программа была единой для всех. Сейчас очевидно, что программ должно быть несколько:

- химия в основной школе (8–9 классы);
- химия в средней школе (10–11 классы);
- химия в специализированных классах — физико-математических, технических, химических, биологических, гуманитарных.

### **Химия в основной школе: 8–9 классы**

Этот курс должен давать минимум химических знаний, который необходим каждому человеку. Сейчас в России обязательным является 9-летнее образование, и далеко не все выпускники основной школы закончат среднюю. Необходимо отказаться от линейного курса химии, в котором органическую химию традиционно изучают 10-е или 11-е классы, и посвятить ей раздел в программе 9-го класса. Такие программы уже существуют. Однако механическое добавление к уже существующему материалу информации по органической химии (как это сделано в последних переизданиях учебника Фельдмана и Рудзитиса) ни к чему хорошему не ведет — в большинстве школ до органики руки не доходят. Поэтому часть информации из курса химии для 8–9 классов должна перебраться в старшую школу — в первую очередь большинство химических расчетов и основной массив информации о строении атома. А то сегодня школьники легко рисуют

квадратики и стрелочки, заполняя электронные уровни и подуровни в атоме, но не понимают смысла всего этого. Большинство учеников не может ответить, какого цвета сульфат натрия и медный купорос. Какой смысл в изучении химии, если она из науки о веществах превращается в науку о квадратиках и стрелочках? Школьникам 8–9 классов нужно как можно больше давать «почувствовать вещество» — показывать опыты и проводить практические работы. Хотя тут, конечно, все упирается в вечные проблемы — материальную базу, отсутствие лаборантов и т. п.

И как было бы хорошо, если бы придумывали стандарты, рассуждали о преподавании и учили учителей только те, кто попреподавал годик химию у 30 восьмиклашек и провел у них хотя бы две лабораторные работы без лаборанта...

### **Специализированные классы — естественно-научные и технические**

Обучение в них должно начинаться с 10-го класса. В последнее время специализация молодеет, открываются девятые и даже восьмые специализированные классы. Но в 13–14 лет сознательный выбор могут сделать лишь очень немногие школьники. Даже в 10-х классах, даже в СУНЦ немало школьников, сделавших свой выбор по воле родителей или «за компанию». Слишком ранняя специализация может помешать школьнику определить свои цели в жизни.

Школьникам надо готовиться к поступлению в вуз и готовить базу для обучения в нем. Требованиями вузов и должна определяться школьная программа. Будущим химикам очень важно пройти курс практикума — не только для того, чтобы «наработать руки» и «почувствовать вещество», но и чтобы понять, хотят ли они заниматься этим всю жизнь.

Преподавать таким школьникам обычно бывает легко. У них есть мотивация, интерес к предмету, они с удовольствием работают на уроке. Очень важно, чтобы преподаватель не только прекрасно знал предмет, но и имел опыт научной работы и был в курсе состояния науки, новых результатов. Хорошими преподавателями в подобных классах становятся энтузиасты, которым удается совмещать научную работу и преподавание (хотя чаще всего через

какое-то время приходится делать выбор).

Сложный вопрос — нужно ли ученикам старших классов заниматься научной работой. Хорошо, если у школьников есть возможность для этого, а школьные научные конференции дают неоценимый опыт публичных выступлений, однако не стоит увлекаться. В старших классах школьникам приходится тратить очень много времени на подготовку к экзаменам, дополнительная нагрузка может оказаться для них непосильной. Решение, очевидно, зависит от конкретной ситуации.

Иногда возникает проблема чрезмерного увлечения юных химиков домашними, часто весьма рискованными экспериментами. При определенном уровне доверия ученик с увлечением рассказывает о своих экспериментах учителю. Если обругать и запретить проводить опасные опыты, то, вероятнее всего, школьник просто перестанет о них говорить. Поэтому надо спокойно обсуждать с ним детали его опытов, делая упор на технику безопасности, подкидывать идеи более безопасных экспериментов и привлекать к исследовательской работе, надеясь, что для домашней лаборатории не останется времени. И жить с грузом ответственности...

Для учащихся физико-математических школ и классов полезно в немного большем объеме, чем в обычных школах, давать физическую химию. Такие школьники к химии часто относятся снисходительно, считая ее качественной наукой. Обнаружение в курсе химии только что освоенных на математике логарифмов и производных вызывает удивление, от которого один шаг до уважения. Желательно только не перестараться и не перегрузить предмет математическим аппаратом.

### **Специализированные классы — гуманитарные**

Ученикам гуманитарных классов надо сообщать намного меньше информации, чем ребятам из технических классов. Преподавание в таких классах должно быть как можно более эмоциональным. Соответственно надо и отбирать материал, может быть, даже в ущерб систематичности и научности изложения, поощрять дискуссии, например, на тему «Польза и вред применения удобрений». Ни к чему заставлять заучи-

вать формулы и химические свойства веществ, важнее выработать у школьников умение и привычку грамотно пользоваться энциклопедиями и справочниками. Может быть, воспитанные таким образом журналисты будут иными, чем нынешние, которые сплошь и рядом демонстрируют свою химическую безграмотность (подборка химических ляпов есть на сайте [www.alhimik.ru](http://www.alhimik.ru)).

Видимо, очень полезны школьникам-гуманитариям творческие задания (которые с удовольствием выполняют и наши «математические» ученики). Желающие могут получить дополнительную оценку в журнал за произведение на тему: «Мое любимое вещество» или по мотивам конкретной химической реакции. Форма может быть любой — прозаической, стихотворной, скульптурной, живописной, музыкальной и т. д. Скульптурные и музыкальные произведения еще не приносили ни разу, а вот поэтов и писателей у нас много. Ниже приведены два примера — произведения про оксиды азота и про аминокислоты. Есть в нашей коллекции признания в любви к сере, глюкозе, сказки, притчи и фантастические боёвики по мотивам химических реакций, досье на секретного агента с подпольной кличкой Нитроглицерин, «Повесть о том, как один метил двух радикалов прокормил», художественные переводы химических анекдотов и многое другое. И не так важно, если в произведении хромает рифма, важно, что, описав таким образом вещество или химическую реакцию, ученик запомнит все намного лучше, чем если бы он выучил и пересказал страничку учебника. А самое главное, что у ученика и учителя остались положительные эмоции от взаимного общения.

## Старшие классы без специализации

Если в случае со специализированными классами объем и содержание обучения понятны, то в старших классах других школ ситуация намного сложнее. Обычно в 10-м классе школьники уже определяются со своим будущим (хотя бы на уровне того, какие предметы придется сдавать при поступлении в вуз, а какие — нет). Как учить тех ребят, у которых химия попадает в группу «ненужных» предметов?

В некоторых гуманитарных школах пытаются преподавать естествозна-

ние следующим способом: первые два месяца учебного года ученик осваивает физику, затем два месяца — химию и т. д. А через год на него за два месяца обрушивается новая порция химии, причем порция немаленькая. По-моему, эффективность подобного обучения намного ниже, чем при равномерном изучении предмета в течение всего года. Нечто подобное пытались сделать в Москве по крайней мере в двух школах, и пока что опыт не кажется нам успешным.

## Наука о природе

Школьникам был бы полезен интегрированный курс естествознания — не вместо физики, химии и т. д., а после них — в 11-м классе. Изучая отдельные предметы — химию, физику, биологию, географию — школьники забывают главное: деление на науки для своего удобства придумал человек, в природе такого деления нет. Какая наука описывает круговорот углерода в природе? Это и биология — (фотосинтез и дыхание), и физика (растворение углекислого газа в океане), и химия (образование карбонатов), и геология. Однако вряд ли в ближайшем будущем такой курс появится в школах. Для его создания нужны авторы учебников и учителя, обладающие не только обширными познаниями во многих сферах науки, но и целостным, системным взглядом на окружающий мир.

Так что пока придется показывать школьникам связь наук в рамках отдельных предметов. Многих школьников эта связь удивляет. Не раз, задавая вопрос на уроке химии, я слышала возмущенные восклицания: «Это же физика (биология, география и т. д.)!»

Важно показать школьникам, что наука, даже такая конкретная, как химия, имеет дело с абстракциями и допущениями. В природе не бывает абсолютно чистых веществ, и химические свойства веществ не абсолютны, они зависят от внешних условий. Реагирует ли метан с водой? При комнатной температуре — нет, а вот при высоких температурах — еще как. И «наша химия» — в пробирке при атмосферном давлении и комнатной температуре или небольшом нагревании — существенно отличается от процессов, происходящих в недрах Земли или верхних слоях атмосферы.

Обучение химии, как и другим естественным наукам, должно быть экологизировано. Школьник должен ясно понимать, что человек не отделен от природы, он может существовать, только разумно взаимодействуя с окружающей средой. На уроках химии нужно больше говорить и о роли различных веществ (как необходимых, так и вредных), попадающих в человеческий организм, и о воздействии современной цивилизации на окружающую среду.

### Жизнеутверждающий гимн любимым веществам — аминокислотам

#### Что важно в армии

*Вечер. Казарма. Отбой протрубили.  
Рядом с казармой волки завывали.  
Только они в эту ночь не спят,  
Спят офицеры и рота солдат;  
Спят беспробудным, убийственным сном,  
Их не разбудят ни пушка, ни гром.*

*Что снится им в эту лунную ночь?  
То, что всегда им могло бы помочь,  
То, что не даст ни проблем, ни заботы.  
Что это? Как же! Аминокислоты!*

*Это лечебное средство полезно,  
Строят белки они в теле совместно.  
Их прописать могут тяжело больным  
При истощениях, а гистидин  
Язву желудка поможет отвлечь;  
Можно из них много пользы извлечь.*

*В свойствах химических равных им нет,  
Хоть и не помнят об этом в обед.  
Когда индикатор мы к ним добавляем,  
То сразу нейтральный раствор получаем.*

*Аминокислоты красивые сами,  
Они реагируют также с спиртами.  
Эфиры при этом из них получают,  
Но этим их свойства еще не кончатся.*

*Аминокислоты, как основания,  
Вместе с кислотами, без ожидания,  
Реагировать могут, а что же при этом  
Получится? Соли — то будет ответом.*

*Они с основаниями тоже дружны,  
Их взаимодействия очень важны.  
И соли опять получают здесь,  
Но это не помнят, когда нужно есть.*

*В армии также важны и спирты,  
Но пища важнее, с ней каждый на «ты».  
Аминокислоты нужны нам везде,  
Им слава, почет и поклон на Земле.*

**М. Качановская**

# Огниво

с платиной

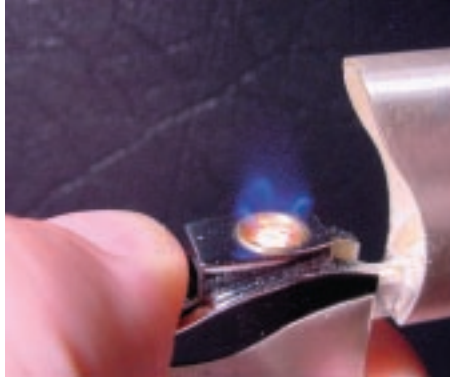


фото А. Ф. Дедкова



ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

**И**зобретение способа добывания огня было важнейшим шагом на пути развития человека. Многие древние мифы приписывают огню божественное происхождение, а Прометей, который допустил утечку высокой технологии, был богами наказан. Долгое время добывание и хранение огня было делом трудным и ответственным, а его потеря — настоящей трагедией (об этом можно прочитать в антиутопии Татьяны Толстой «Кысь»). Первобытные люди добывали огонь трением, и это было весьма нелегко — нынче даже «последние герои» с этой задачей не справляются. Затем вращающуюся палочку заменил трут, который делали из грибных наростов на дубе или ясене. После вываривания в воде с золой полученную массу пропитывали раствором селитры; трут начинал тлеть от малейшей искры, которую получали при ударе твердого камня (кремня) о стальное огниво (вместо стали иногда брали колчедан). При раздувании тлеющий трут мог поджечь сухую лучину. Такой способ добывания огня использовался в течение многих столетий — в Европе вплоть до середины XIX века.

В 1770 году была изобретена электрическая зажигалка, в которой струя водорода воспламенялась от искры электрофорной машины. Это был красивый демонстрационный эксперимент на лекции по электричеству, но для бытовых целей такой прибор не годился.

Следующий прорыв в деле получения огня связан с открытием немецкого химика Иоганна Вольфганга Дёберейнера (1780–1849). Сначала он был аптекарем, что типично для многих химиков того времени, включая и знаменитого Шееле, затем владельцем фабрики, а с 1810

года — профессором химии, фармации и технологии в Иене. Дёберейнер открыл реакцию образования серного ангидрида, впервые синтезировал муравьиную кислоту, изучил образование уксусной кислоты окислением винного спирта, чем способствовал развитию промышленного производства уксуса. Он стал одним из предшественников Д.И. Менделеева открыв «закон триад»: если в триадах литий — натрий — калий, кальций — стронций — барий, сера — селен — теллур, хлор — бром — иод расположить элементы в порядке возрастания их атомных масс, то атомная масса среднего члена триады примерно равна полусумме крайних членов. Это правило было использовано в последующих работах по классификации химических элементов.

Одно из важнейших открытий Дёберейнера — катализ: способность мелкоизмельченной платины (платиновой черни) стимулировать протекание ряда химических реакций; при этом сама платина не претерпевает изменений. В 1821 году он обнаружил, что платиновая чернь окисляет пары винного спирта до уксусной кислоты уже при комнатной температуре. Через два года он открыл способность губчатой платины при комнатной же температуре воспламенять водород. Если смесь водорода и кислорода (гремучий газ) ввести в соприкосновение с платиновой чернью или с губчатой платиной, то сначала идет сравнительно спокойная реакция горения. Но так как эта реакция сопровождается выделением большого количества теплоты, платиновая губка раскаляется и гремучий газ взрывается. На основании своего открытия Дёберейнер сконструировал «водородное огниво» — прибор, широко применявшийся для получения огня до изобретения спичек.

В 1862 году голландский промышленник Петрус Якоб Кипп сконструировал удобный аппарат для получения водорода, ныне носящий его имя. Эту конструкцию использовали и в водородном огниве: выходящую из аппарата струю водорода направляли на губчатую платину. Придя с ней в соприкосновение в присутствии воздуха, водород воспламенялся. Конечно, аппарат Киппа в карман не положишь; это огниво также могло быть только стационарным.

Сейчас о «водородном огниве» знают только историки науки. Его быстро вытеснили спички, сначала опасные — фосфорные, потом безопасные — серные (раньше их называли шведскими, по имени страны, где их впервые стали выпускать). Однако у спичек немало недостатков: они легко отсыревают, их пламя задувается ветром, на производство спичек уходит масса древесины, в производстве используется опасная бертолетова соль. Альтернативой спичкам служит не менее распространенная зажигалка.

Раньше зажигалки заправляли бензином. Бензин пропитывал фитиль, испарялся, и его пары поджигала искра, получаемая от трения стального колесика о маленький цилиндрок, сделанный из специального сплава. Этот сплав изобрел австрийский химик Карл Ауэр фон Вельсбах, воспользовавшись пирофорностью церия: если проволоку из него поскрести ножом, то образующиеся мельчайшие пылинки воспламеняются на воздухе. Ауэр усилил пирофорность, сплавив церий с другими металлами. Сплав мишметалл (от немецкого *mischen* — смешивать) содержит церий — 66%, лантан — 8%, железо — 25%, магний — 0,5% и медь — 0,5%; при ударе или энергичном трении о стальное колесико он дает множество искр, которые легко поджигают фитиль. Зажигалку могли бы

изобразить на своем знамени «зеленые» — она позволила сэкономить огромное количество древесины.

Кстати, аналогичный сплав на основе церия используют и в трассирующих пулях и снарядах. Специальная насадка из пирофорного сплава надета на снаряд снаружи, при большой скорости полета трение насадки о воздух заставляет снаряд искрить, в результате чего ночью легко проследить его путь.

Бензиновые зажигалки со временем уступили место более удобным газовым. В них под небольшим давлением находится сжиженный газ — бутан или его смесь с пропаном. «Зажигательный» механизм в них оставался прежним: колесико и кремль. Более поздние конструкции обходятся без движущихся деталей: в них нет ни традиционного зубчатого колесика, ни кремня. Зажигание газа производится либо раскаляемой током тонкой нихромовой проволочкой, либо искрой, которая проскакивает между двумя электродами. В первом случае в зажигалке должна быть батарейка, а во втором — пьезоэлемент.

Сравнительно недавно венгерские изобретатели, вспомнив «огниво» Дёберейнера, сконструировали зажигалку нового типа: на выходе струи газа находится платиновая спиралька, которая катализирует реакцию горения. Пламя у новой зажигалки сильное и устойчивое, ему не страшен ветер. Таким пламенем можно не только поджечь сигарету, но и сварить при необходимости тонкую проволоку. На фотографиях показана такая зажигалка: слева — до пуска газа, виден элемент из платиновой проволоки, справа — в работе, видно пламя.

**И.А.Леенсон**

# Кристаллы электрума

Комментарий нашего консультанта И.А.Леенсона.

Редакция получила письмо с далекой Чукотки, от геолога В.Т.Переладова.



## РАССЛЕДОВАНИЕ

«В 1999 году мы проводили поисково-оценочные работы на золоторудном проявлении Долинном... При разработке гравитационной схемы обогащения руды по валовой пробе применили амальгамацию. Жидкую амальгаму подвергли фильтр-прессингу. Полученную твердую амальгаму отпарили в малой реторте. А отжатая ртуть хранилась на холоде под водяным экраном в пластмассовой емкости из-под шампуня. В 2002 году потребовалось сменить емкость. При переливе ртути в новую емкость на дне первой емкости были обнаружены серебристо-белые сноповидные сростки игольчатых кристаллов размером до 8·2 мм. Размер отдельных кристаллов достигает 7·0, 1 мм. Они несколько напоминают тонкоигольчатые кристаллы сульфосолей. В сечении кристаллы ромбовидные и, реже, прямоугольные. Мы попытались определить качественными микрохимическими анализами элементный состав этих кристаллов.

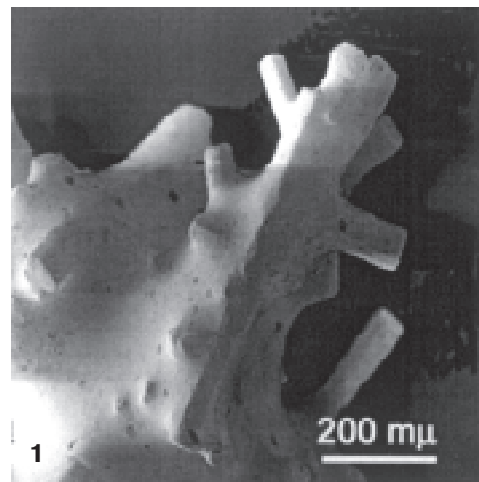
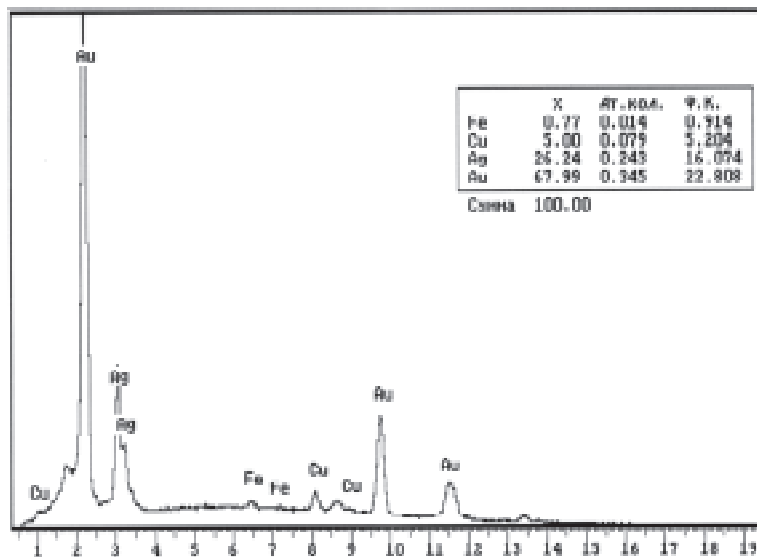
Анализ на золото с хлоридом олова дал положительную реакцию (кассиев пурпур). Качественный анализ на платину выполнялся с хлоридом калия и — для контроля — с иодидом калия. Анализ с роданистым меркуриатом калия показал небольшую примесь меди. Железо, кобальт, цинк отсутствовали. В свете новых публикаций о широком развитии металлов платиновой группы в черносланцевой формации провели качественный анализ на платину с хлоридом калия — отрицательный результат. Минерал очень слабо растворяется в азотной кислоте и царской водке даже при кипячении. Но через сутки после попытки растворить минерал в царской водке при кипячении — кристаллы перерождаются в жидкую амальгаму».

Присланный в редакцию образец передали на анализ в Минералогический музей им. Ферсмана. Было установлено, что кристаллы белого цвета покрыты пленкой ртути (фото 1). Пленку удалили нагревом до красного каления, при этом размер и форма кристаллов не изменились (фото 2, 3, 4). Цвет кристаллов — желтый, поверхность покрыта дефектами. По данным рентгеноспектрального анализа (внизу) это оказалось золото, точнее, сплав, похожий на электрум. Точный его состав: золото — 68%, серебро — 26%, медь — 5% и железо — 1%. Вот что выделилось из «отжатой ртути» при длительном хранении.

В составе кристаллов нет ничего неестественного. Обычно самородное золото содержит от 5 до 15% серебра и меди, в нем также могут быть и другие металлы, в том числе железо, ртуть, металлы платиновой группы, висмут. Известны и довольно редкие минералы золота, имеющие вполне определенный состав: аурантимонат  $\text{AuSbO}_3$ , аурикуприд  $\text{Cu}_2\text{Au}$ , аурустибит  $\text{AuSb}_2$ , калаверит  $\text{AuTe}_2$ , креннерит  $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$  (соотношение элементов, указанных в скобках, варьирует), монбрейит  $(\text{Au,Sb})_2\text{Te}_3$ , мутманнит  $(\text{Ag,Au})\text{Te}$ , нагиагит  $\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te,Sb})_4\text{S}_x$ , петцит  $\text{Ag}_3\text{AuTe}_2$ , сильванит  $\text{AuAgTe}_4$ , тетрааурикуприд  $\text{AuCu}$ , фишессерит  $\text{Ag}_3\text{AuSe}_2$  и др. (Однако не все минералы, название которых начинается на «ауро(и)», содержат золото, например: аурипигмент — это  $\text{As}_2\text{S}_3$ , аурихальцит —  $(\text{Zn,Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$ , аурорит —  $(\text{Mn,Ag,Ca})\text{Mn}_3\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Даже не все из них имеют желтый или золотистый цвет: аурихальцит синий или зеленый.)

Латинский термин «электрум» (или греческий — электрон) означает природный сплав золота с серебром, содержащий 15 — 30% серебра и немного меди. Электрум встречается в виде светло-желтых кубических кристаллов (возможно, он содержит интерметаллическое соединение  $\text{AgAu}$ ). Именно из этого сплава были сделаны первые в истории человечества монеты — «крезеиды». По видимому, это произошло в Лидийском царстве в VII в. до н.э., во время царствования Креза (561–546 гг. до н.э.), о сказочном богатстве которого ходили легенды. На первых монетах были изображены квадратные в сечении железные прутья. В те времена железо ценилось очень дорого, и такие прутья выполняли роль денег. Вообще, на первых монетах часто изображался товар, который до появления монет сам служил деньгами, например голова быка.

Природные твердые растворы с золотом могут образовывать  $\text{Cu}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Rh}$ ,  $\text{Ir}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Sb}$  и другие металлы. Некоторые (из-за различий в структуре решетки и атомных радиусов) только в ограниченном диапазоне концентраций, например железо, висмут. А вот палладий дает с золотом твердые растворы в любых пропорциях. Другие образцы природного золота характеризуются переменным содержанием элементов, что характерно для твердых растворов: висмутоаурид — до 4%





Bi, родит — до 43% Rh, порпечит — до 11,6% Pd, ираурит — 30% Ir (но это, возможно, просто смесь металлов, как и платинистое золото, до 10,5% Pt). Твердые растворы Au–Ag иногда содержат до 10% ртути, например в месторождении «Золотая гора» на Урале. При наличии примеси железа (некоторые пробы золота из Якутии содержат до 4,45% Fe) минерал становится магнитным.

Термин «амальгама золота» требует комментариев. Распространено мнение, что золото хорошо растворяется в ртути. Герой романа А.Н.Толстого «Гиперболоид инженера Гарина» надеется разбогатеть, найдя в глубинах земного шара «золотой слой». В романе описывается некое жидкое «ртутное золото», содержащее «девяносто процентов червонного золота». Его по трубопроводам перекачивали в печи, где путем испарения ртути должны были получить чистое золото.

На самом деле истинная растворимость золота в ртути очень мала: при 20°C — 0,126%. Но при длительном выдерживании золота в ртути происходит химическая реакция с образованием твердых при комнатной температуре интерметаллических соединений состава AuHg<sub>2</sub>, Au<sub>2</sub>Hg и Au<sub>3</sub>Hg. Кристаллы этих соединений могли выпасть из «отжатой ртути» при длительном хранении. При высоком содержании золота возможно также образование его твердых растворов с ртутью. Конечно, ни химические соединения, ни твердые растворы золота и ртути нельзя ни «черпать с поверхности», ни пропускать по «ртутопроводу», как это пытался делать Гарин.

Эта ошибка, вероятно, связана со старинным, так называемым ртутным способом добычи золота. Он основан на том, что ртуть хорошо смачивает — но не растворяет! — многие металлы, в том числе и золото (как вода смачивает, но не растворяет стекло). Размолотую золотоносную породу обрабатывали ртутью, при этом частички золота прилипали к жидкому металлу, смачиваясь ртутью со всех сторон. Поскольку при этом цвет золотых частиц исчезает, может показаться, что золото «раствори-

лось». Затем ртуть отгоняли, а золото оставалось в перегонном аппарате. Недостатки этого метода — высокая ядовитость ртути и неполнота выделения золота: самые мелкие его частицы смачиваются ртутью плохо. Этим же способом «добывали» из ртути золото некоторые алхимики.

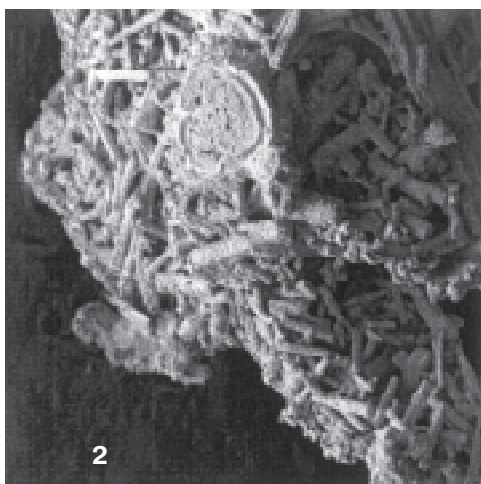
Образование амальгамы золота использовали и в старом способе нанесения позолоты «через огонь». Для этого золотую амальгаму накладывали на поверхность металлических предметов, которые затем ставили в печь или подкладывали под них жаровни, если предметы были велики. При высокой температуре ртуть улетучивалась, а золото прочно соединялось с металлом. Затем позолоченные поверхности полировали. Такой способ использовали, например, в XIX веке для золочения купола главного храма Петербурга — Исаакиевского собора. Конечно, рабочее, наносящее позолоту на листы красной меди, сильно травилась парами ртути, по свидетельству современников, только на этой стройке отравилось со смертельным исходом 60 человек. Поэтому такой способ золочения сейчас не применяют.

Для качественного определения золота используют разные реакции. Так, при обработке минерала царской водкой золото окисляется до трехвалентного состояния; при его восстановлении хлоридом олова (II) в концентрированных сильноокислых растворах образуется коричнево-черный осадок тонкодисперсного золота:  $AuCl_3 + 3SnCl_2 \rightleftharpoons 2Au + 3SnCl_4$ . В слабкокислых растворах, содержащих мало золота, образуется пурпурно-розовый осадок коллоидного золота. Это золото легко адсорбируется гексагидроксооловянной кислотой (она образуется в результате гидролиза тетра-хлорида олова, если раствор не слишком кислый:  $SnCl_4 + 6H_2O \rightleftharpoons H_2Sn(OH)_6 + 4HCl$ ). В результате получается интенсивно окрашенный темно-пурпурный раствор так называемого кассиевого золотого пурпура. Эту очень чувствительную реакцию используют для обнаружения солей олова (II). Кассиев пурпур, если его добавить к рас-

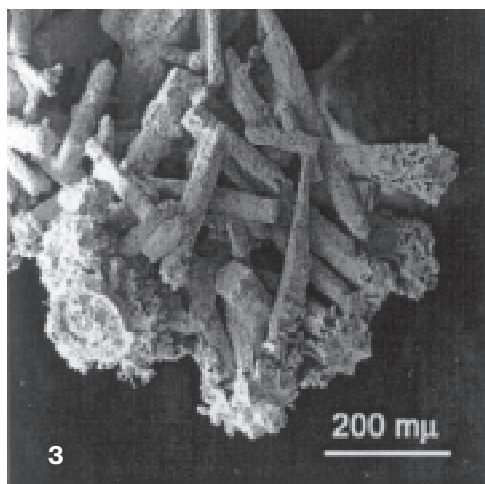
плавленной стеклянной массе, дает великолепно окрашенное рубиновое стекло; количество затрачиваемого при этом золота совершенно ничтожно. Кассиев пурпур применяются также для живописи по стеклу и фарфору: при прокаливании он дает различные оттенки, от слабо-розового до ярко-красного. А назван он по имени Андреаса Кассия, стекловаара из Гамбурга, жившего в XVII веке.

Для качественного определения платины минерал растворяют в царской водке с избытком соляной кислоты. При этом образуется хорошо растворимая в воде коричнево-красная гексахлороплатиновая (IV) кислота  $H_2PtCl_6$ . (В полевых условиях можно воспользоваться так называемой «твердой царской водкой» — смесью или сплавом хлорида и нитрата аммония.) Если к раствору этой кислоты добавить избыток хлорида аммония, образуется практически нерастворимый (особенно в присутствии спирта) гексахлороплатинат аммония  $(NH_4)_2PtCl_6$ , а при добавлении хлорида калия в осадок выпадает изоморфный аммониевой соли гексахлороплатинат калия  $K_2PtCl_6$  (в отличие от калиевой, натриевой соль прекрасно растворяется в воде). Если осадок растереть с иодидом калия или прокипятить его с раствором KI, иод вытеснит хлор из координационной сферы комплексного соединения и образуется черный осадок гексаиодоплатината  $K_2PtI_6$ . Вытеснение хлора иодом в неорганической химии — явление редкое.

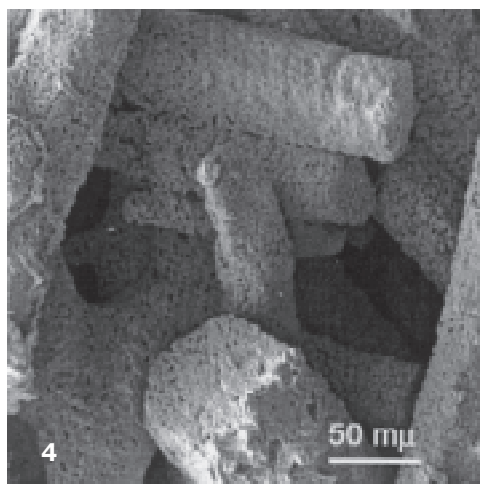
Одна из качественных реакций на медь — образование ее тетрароданомеркуриата. Сначала смешивают ацетат ртути и роданид аммония (или калия), при этом образуется тетрароданомеркуриат:  $(CH_3COO)_2Hg + 4NH_4SCN \rightleftharpoons (NH_4)_2[Hg(SCN)_4] + 2CH_3COONH_4$ . В присутствии солей меди(II) выпадает осадок нерастворимого тетрароданомеркуриата (он же тетратиоцианатомеркурат) меди  $Cu[Hg(SCN)_4]$ , обладающего травянисто-зеленой окраской. Это вещество используют также для качественного анализа на цинк: в его присутствии в кислой среде образуется окрашенная в сиреневый цвет смесь тетрароданомеркуриатов меди и цинка.



2



3



4

# Сердце чует запахи

А.В.Киселева

Одна из областей нетрадиционной медицины, которая быстро развивается в настоящее время, — ароматерапия. «Химия и жизнь» уже не раз касалась этой темы. Действительно, различные запахи влияют как на субъективные ощущения пациента (самочувствие, настроение), так и на вполне объективные показатели, например пульс и артериальное давление. А вот каков механизм этого влияния? Действуют ли запахи в силу того, что они порождают разнообразные ассоциации — известно, что запахи весьма тесно связаны с ассоциативной памятью как у человека, так и у многих животных, — или же их действие связано с тем, что небольшие количества летучих биологически активных веществ попадают непосредственно в кровь через слизистую оболочку носа, богатую кровеносными сосудами? Выяснить это непросто. Действие гомеопатических доз лекарственных препаратов проверялось на культуре клеток, чтобы исключить эффект плацебо, а как на культуре клеток измерить пульс или давление, не говоря уже о настроении?

Мысль была достаточно простой: нужно проверить действие запахов на тех людях, которые запахов не воспринимают. Отсутствие обоняния, или anosmia, встречается довольно редко и может быть вызвано различными причинами: искривлением носовой перегородки, отравлениями, иногда это следствие общего ослабления организма или же последствия черепно-мозговой травмы, когда задет обонятельный нерв. У нашего добровольного помощника была как раз посттравматическая anosmia.

Итак, эксперимент. Секундомер, тонометр для измерения давления, шеренга пробирок с эфирными маслами и растительными препаратами. Следует заметить, что запах эфирных масел, извлекаемых из растений, по сравнению с запахом сухого, а тем более свежего растения более сильный, но при этом он значительно беднее и проще. Однако состав эфирного масла более постоянный, и изучать

его действие легче. При более серьезном опыте было бы правильнее использовать даже не эфирное масло растений, а индивидуальные химические вещества в строго определенной концентрации.

До начала эксперимента пульс равен 72 ударам, давление — 100 на 80. Первое вещество — эфирное масло лимона. Доброволец с редким именем Олев подносит к носу пробирку и старательно вдыхает неощущаемый запах в течение трех минут. «Воздух он воздух и есть», — комментирует он. Считаю пульс. Однако! Пульс — 60, давление — 115 на 80. Между прочим, запах лимона, как считается, хорошее тонизирующее.

Через несколько минут изучаем действие второго препарата — сухой мяты. Этот сорт известен под названием «валериановой мяты», у нее сильный ментоловый запах, как у валидола или мятных таблеток «Холодок». Верхнее давление еще немного повышается, пульс и нижнее остаются прежними.

Третий препарат — иланг-иланг. Пульс 56, давление понижается до 105/80. (Иланг-иланг действительно применяют как гипотензивное средство, а также используют при многих психоэмоциональных расстройствах, таких, как стресс, депрессия, нервное напряжение, невро.) Но, справедливости ради, замечу, что нижнее давление в течение всего эксперимента менялось незначительно, в пределах погрешности измерения.

В качестве четвертого вещества берем толченный зубок обычного чеснока. Пульс 64, давление 100/80.

(При anosмии люди продолжают воспринимать едкие и удушливые запахи, например, запах уксуса, нашатыря, иногда даже бензина, но не как запахи, а как жжение или резь в глазах и носоглотке. Считается, что за такое восприятие отвечает не обонятельный, а тройничный нерв. Тем не менее когда обоняние не сигнализирует об опасности вовремя, можно нечаянно обжечь слизистую оболочку едкими веществами, поэтому ни лук, ни острые пряности мы не использовали.)

Пятое вещество — розмарин, известный стимулятор нервной системы. Действительно, стимулирующее действие налицо! Пульс 76, давление 115/80.

Для контраста достаю валериану (сухой корень), и тут же отгоняю заинтересовавшуюся кошку. Давление не меняется, а пульс в течение тех же трех минут снижается до 60 ударов. Между прочим, обычные препараты валерианы, в отличие от пустырника и боярышника, хорошо успокаивают, но при этом почти не понижа-



немного снижает пульс — до 52 ударов, а давление при этом даже слегка повышается — до 120/80.

Конечно, для более точного эксперимента следовало бы несколько изменить условия. Во-первых, хорошо бы поставить опыт на группе человек из десяти аносмиков, а вторую, контрольную, группу набрать из здоровых людей. Во-вторых, между вдыханием различных ароматов должно проходить не несколько минут, а больше, чтобы не возникало синергического эффекта. Кроме того, нужно строго контролировать и психоэмоциональное, и физическое состояние добровольцев, исключить помехи (например, в виде кошки), чтобы от внешних причин пульс заведомо не менялся... Впрочем, все это задачи для более серьезного исследования, а наш опыт всего лишь определил направление работы.



#### ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

ют давления. А при некоторых заболеваниях, например при бессоннице, корень валерианы рекомендуется не пить, а как раз нюхать перед сном.

И наконец, седьмой препарат — эфирное масло базилика, известного и как пряность (на Кавказе его называют реган), и как превосходное лекарственное средство при сосудистых и мышечных спазмах. Он еще

Однако уже сейчас с большой долей уверенности можно сказать, что запахи влияют на человека даже в том случае, если он их не воспринимает. И даже при таком приблизительном наблюдении видно, что и тонизирующее, и успокаивающее действие запахов может иметь различный физиологический механизм (и лимон, и розмарин тонизируют, но первый снижает, а второй заметно повышает частоту пульса). Хорошо видно также, что влияние запахов на верхнее артериальное давление гораздо заметнее, чем на нижнее.

Сворачиваю манжету тонометра и благодарю Олева. Посреди облака совершенно невообразимого аромата из смеси запахов — мяты, иланг-иланга и чеснока — довольная кошка наконец-то добралась до корня валерианы. Эксперимент закончен.



Художник Ю. Слива



#### НАУЧНЫЙ КОММЕНТАРИЙ

Доктор  
биологических наук  
**А.А.Каменский**

## Вдыхая ароматы

**П**риятные запахи — расслабляющие или, наоборот, повышающие работоспособность — уже используют в практических целях. Постепенно возникает новая отрасль индустрии, которая, судя по всему, может давать ощутимую прибыль. Однако для того, чтобы достичь настоящего успеха, рано или поздно придется поставить дело на научную основу.

Между тем разработка ароматизаторов не такое дешевое и быстрое дело, как может показаться на первый взгляд, — хотя бы уже потому, что конкретные механизмы воздействия пахучих веществ на организм изучены все еще плохо. В этом смысле автор письма в редакцию проделала хоть и маленькую, но вполне аккуратную и грамотную научную работу. Кое-что в ней, конечно, можно было бы сделать лучше: например, желательно задавать больший промежуток времени между вдыханием различных веществ и не мерить артериальное давление через каждые 10 минут — ведь от повторного пережатия сосудов манжеткой тонометра показатели давления меняются, хотя и не очень сильно.



И конечно же, чтобы делать обоснованные выводы, одного испытуемого мало — но это хорошо понимает и сама А.В.Киселева. Как и в любом эксперименте, набрать статистику на нескольких аносмиках необходимо хотя бы для того, чтобы убедиться в воспроизводимости результатов. Ведь даже такие подопытные животные, как крысы, обладают индивидуальными особенностями, немного по-разному реагируют на одни и те же стимулы — что уж говорить о людях!

Тем не менее попытка исследователя объяснить полученные результаты вполне понятна и оправдана. При этом вывод, который следует из мини-эксперимента, достаточно интересен: пахучие вещества могут влиять на вегетативные функции человека даже в тех случаях, когда субъективного ощущения запаха не возникает.

Может ли современная наука объяснить подобное явление? В принципе, да. Более того, можно представить себе даже несколько возможных механизмов воздействия веществ. На один из них указывает автор работы. Это всасывание веществ сквозь слизистую оболочку носа в кровь и их последующая транспортировка по сосудам в неведомые нам отделы центральной нервной системы — судя по характеру эффектов, скорее всего, к структурам головного мозга. Однако если посчитать, сколько молекул летучего вещества попало при вдохе в нос, сколько из них всосалось в кровь, сколько из всосавшихся достигло мозга, то нам, пожалуй, придется признать, что этих молекул, по всей видимости, слишком мало, чтобы оказать на организм прямое воздействие.

Совсем другое дело, если они связываются в носовой полости с какими-либо рецепторами — структурами, способными воспринять слабый сигнал и послать его по нейронам дальше, к мозгу, причем многократно усиленный. И здесь автор работы правильно замечает, что в носовой полости имеются не только обонятельные рецепторы, но и рецепторы, от которых берет начало лицевой и тройничный нервы. Даже если проводящий

путь, отвечающий за обоняние, где-то нарушен, два других могли оказаться незатронутыми при травме, а это значит, что наблюдавшееся воздействие в принципе могло осуществляться через них.

Предположить такую возможность необходимо: некоторые вещества, особенно те, которые в высокой концентрации вызывают неблагоприятные изменения в организме, действительно воздействуют на окончания лицевого и тройничного нервов. Но и этот механизм маловероятен: трудно предположить, чтобы минимальные дозы относительно безопасных веществ могли вызвать значительные вегетативные изменения именно таким путем.

Наиболее реалистичной представляется третья возможность.

Дело в том, что многие вещества, попадая в полость носа земноводных, рептилий и млекопитающих, действуют не только (а порой и не столько) на обонятельные рецепторы, расположенные непосредственно в носу. Молекулы взаимодействуют в том числе и с рецепторами так называемого вомероназального органа (ВНО), два входа в который расположены у большинства людей в носовой полости на два сантиметра выше входа в каждую ноздрю (см. «Химию и жизнь», 1998, № 7).

Вещества, действующие через ВНО, могут вообще не вызывать субъективного ощущения запаха, однако порой они заметно влияют на эмоции, что, в свою очередь, неминуемо отражается и на вегетативных показателях, в частности на артериальном давлении и частоте пульса. От рецепторов ВНО идет в мозг ветвь нервных волокон, не имеющая отношения к обонятельному нерву, а потому потеря человеком способности ощущать запахи вовсе не означает, что путь восприятия через вомероназальный орган тоже нарушен в результате травмы.

В принципе существуют даже специальные приемы, позволяющие это проверить, но они не очень просты, и без помощи экспериментаторов-медиков здесь не обойтись. Чтобы принять или опровергнуть гипотезу, нужно обратимо закрыть входы в ВНО

особыми веществами и посмотреть, сохранится ли воздействие на артериальное давление и пульс тех веществ, которые влияли на эти параметры в предыдущем эксперименте.

Подобных исследований на аносмиках до сих пор не проводили — ведь людей, утративших способность ощущать запахи, действительно очень мало, и они редко попадают в поле зрения ученых.

Правда, достаточно просто получить аносмиков-крыс, если использовать одно из веществ с ужасным запахом — скатол. Небольшое количество этого вещества, введенное в полость носа крысы, необратимо разрушает ее обонятельные рецепторы, и крыса становится аносмиком. Только вот помогут ли грызуны понять то, что происходит с людьми в данном конкретном случае? Ведь у них имеются свои любимые и нелюбимые запахи, и вряд ли кто-то возьмется заранее предсказать, как крысы будут реагировать на запах розмарина или базилика и будут ли реагировать вообще. Между тем вводить крысам скатол — удовольствие весьма сомнительное. Если не соблюдать особых мер предосторожности, рядом с горе-экспериментатором никто не сможет находиться несколько дней. Не исключено даже, что ему придется сжечь рабочую одежду и постричься наголо...

А вообще-то автор письма в редакцию затронула действительно интересную и малоразработанную тему. И может статься, кто-то из людей с «лишними» деньгами однажды заинтересуется этой проблемой, и тогда появится лаборатория, не просто изучающая влияние запахов на самочувствие людей, но исследующая также и фундаментальные механизмы воздействия малых доз летучих веществ на организм. Вполне возможно, что у ароматерапии, поставленной на научную основу, есть неплохое будущее.



# Темно-синие стихи



РАДОСТИ ЖИЗНИ

Некоторое время назад состоялся юбилей моего доброго приятеля Константина. Не буду называть его фамилию (причину вы скоро поймете), но ваш журнал хорошо знаком с этим профессором. Естественно, возник вопрос о нестандартном способе поздравления, а это для меня мучительная задача — мозгов-то маловато, по крайней мере, в соответствующем полушарии. Как обычно, первая мысль в таких случаях — сочинить стишок. Я начал было выдавливать из себя какие-то строчки, но дело не пошло. К тому же было очевидно, что рифмованных текстов на празднике прозвучит немало и оригинального поздравления не получится.

И тут мои страдания заметил сотрудник нашей кафедры Стас — главный компьютерщик факультета, человек, не вылезавший из Сети сутками, хакер, одним словом. Он-то и предложил нетривиальное решение проблемы. Оказывается, американский компьютерный агрегат «Deep Blue», который несколько лет назад выиграл матч у Каспарова, теперь занят рекламно-коммерческой деятельностью, в частности пишет по заказу стихи на двадцати трех языках.

Стас связался по Интернету с упомянутой машиной и довольно быстро наткнулся на требование доказательства платежеспособности и указания номера кредитной карты. Но хакер — он и есть хакер: Стас сумел убедить компьютер, что деньги будет платить ректорат, а вместо номера карты заслал номера расчетных счетов университетской бухгалтерии. Так или иначе, на следующий день я уже общался с «Deep Blue» самостоятельно.

«Темно-синяя» первым делом запросила информацию о юбиляре — имя, род занятий, возраст, хобби. Надо признаться, что я с самого начала не верил в успех предприятия и эти вопросы были для меня неожиданными, но отступать было некуда, а главное, некогда. Поэтому на вопрос о хобби я ответил стереотипно — дамы и вино.

Можете ли представить мою ошарашенность, когда через пару минут на экране монитора появились стишок, а также уведомление, что времени машинного затрачено 43 секунды, и счет на оплату?

Придя в себя, я несколько раз внимательно перечитал текст, и тут наступило разочарование. Компьютер, понятное дело, плохо владеет русским — падежи и склонения для него непосильная задача. Но главная беда заключилась или из-за того, что мой доморощенный хакер что-то напутал, или из-за дефекта в программе машины. Она, поганка, решила, что в русском языке только четыре согласных — К, Н, С, Т — те, что есть в имени Константин. Сначала я решил выбросить присланную абракадабру, а потом подумал — пусть будет. Орфографию и согласования слов удалось довольно легко поправить, и вот результат.

## Костику с тоской от тетеньки-касатки синеокой

Константин — это натиск, костистый и статный,  
Константин — это стансы и скитаний константа,  
Константин — это тайна:

Тайна Таньки и Соньки,  
Тайна Нинки и Катьки,  
Тайна Аньки и Тоньки

Стонет койки соната,  
Стынут секса останки.

Константин — это сотник, тонус касты и секты,  
Он кистень и секстан,  
Суть станка и контекста.

Константин — это конник,  
Константин — это стоик,  
Ненасытно он тянет коньяк, кататоник!

Косной стати настойка —  
Тикает Синяя тетка:  
— Кон-

стан-  
тин-  
не-  
ско-  
ти-  
на,

он касается тонко,  
он кусается кстати,  
Тоську сонную тискает он, как накатит.

Константин — не сексот,  
И не сукин он сын неконтактный.  
Синий нос Истукана сияет,  
Но стонет Астеник носатый.

Машинный стишок имел на юбилее некоторый, впрочем весьма ограниченный, успех, что и понятно. К тому же напиток лились рекой, и народ, как и сам именинник, слабо реагировали на интеллектуальные раздражители.

**А** история имела продолжение. В минувшем октябре, сразу же после дня рождения Константина, меня огорошил еще один юбилей, на этот раз моего си-

бирского родственника Юры Борисова. Честно говоря, я просто забыл о нем и вспомнил только за два дня до самого праздника. Тут уж я пошел накатанным путем.

Стас выполнил найденный им алгоритм поиска и убеждения машины. При этом он клялся, что никаких сведений о согласных в русском языке не передавал. Но я на всякий случай подстраховался и вместо имени дал компьютеру фамилию — все-таки в фамилии Борисов четыре согласных, а не одна, как в имени. На запрос о хобби я ответил, что юбиляр — сибирский бизнесмен и очень любит свою жену, которая, кстати, родилась с ним в один день.

На этот раз машина работала больше минуты (72 секунды) — наверное, задача оказалась труднее предыдущей. Но итог оказался тот же: компьютер по-прежнему оперировал только согласными буквами фамилии.

## Сирая и босая Вирсавия — сэру БОРИСОВУ

Аве, Борисов! — босс бравой своры!  
Ас северов, Сибири рысь!  
Бурю бурава в борьбе суровой,  
С серой оравой ворья борись!

С Барби своей срывая сбрую —  
В усы — серебро, а бес — в ребро,  
Барс России, выбирай бурю,  
Выброс ресивера, срыв рессор!

Барби — Весы — Бирюса Сибири —  
Убор особый ей собери:  
Бусы с Явы, Сирии бисер,  
Сюра бросовый сор сорви.

Вира, Борисов! Вой аварий,  
Ребусы Эроса, вирусов сброс  
Выруби. Бурый абрис Вирсавии  
Брось.

И бывай, Барбос.

Наша машина, конечно, написала бы вместо Барби «С бабы своей».

**К**огда стихок, предназначенный Борисову, прочел Стас, он сильно досадовал: под сомнением оказался его профессионализм, а истинные хакеры такого не любят.

— Надо разобраться с этой темносиней — какого дьявола она кастрирует русский алфавит?!



После этого заявления дня три Стаса никто не видел. Появился на кафедре он бледным и осунувшимся, но глаза его горели.

— Все оказалось просто.

И тут посыпался град терминов: размер кластера на твердом диске, шины VESA, EISA и ISA, конфликт прерываний, драйвер превращения расширенной памяти в отображаемую и т. д. и т. п. . .

— Стас, нельзя ли перейти на человеческий?

Хакер посмотрел на меня с нескрываемым сожалением, примерно так смотрит первокурсница Физтеха на своего сверстника, с трудом осилившего вступительные экзамены на химфак Педагогического института:

— Если машина будет использовать весь словарный запас языка, у нее не хватит мощности для создания связанного рифмованного текста. Поэтому программисты были вынуждены ввести искусственные ограничения, чтобы компьютер оперировал не с десятками тысяч, а всего с несколькими сотнями слов. Один из приемов — это то,

что мы наблюдали. В среднем из четырех согласных может быть составлено от двухсот до шестисот слов, в зависимости от того, какие согласные выбраны. И в этом случае машине требуется для составления текста от тридцати секунд до двух-трех минут.

Стас сумел выяснить, что при разработке программы сначала применяли другой прием: компьютеру задавали рифмы, своего рода буриме. Он смог разыскать в памяти «Deer Blue» образец, который машина составила при использовании этого способа. Наши соотечественники, пожелавшие остаться неизвестными, предложили ей единственную рифму «ОЛЬ» и тему «Греко-немецкие отношения». И вот результат:



Художник А. Астрин



РАДОСТИ ЖИЗНИ

## Темно-синяя рассказывает о переписке лидеров Греции и Германии

Однажды греческий король  
Утратил над собой контроль,  
Узнав, что в Бонне канцлер Коль  
Рассыпал по полу фасоль.

— Вы причиняете мне боль, —  
Депешу Колю шлет король, —  
Фасоль — это почти что соль!  
Вас ждет беда — восстанет голы!

Ему ответил канцлер Коль:  
— Не карлик я, не гном, не тролль,  
Я твердо знаю свою роль.  
Умножьте Ваш прогноз на ноль!

Однако на этот шедевр компьюте-  
ру потребовалось уже около трех ча-  
сов, что, понятное дело, коммерчес-  
ки невыгодно.

Мне показалось странным, что зат-  
рата машинного времени в этом слу-  
чае в 200 раз больше, чем с набором  
слов, включающих четыре согласные  
буквы. Ведь слов в русском языке,  
заканчивающихся на «ОЛЬ», совсем  
немного, вряд ли больше ста. Стас  
начал втолковывать мне причину, по-  
тянул к своему компьютеру и сразу  
же обнаружил только что пришедшее

письмо от некоего доктора Фреда  
Айгвэма из фирмы «Deer Blue», ко-  
торый в умеренно вежливых выраже-  
ниях просил у Стаса разъяснений по  
поводу несанкционированного про-  
никновения в память обслуживаемо-  
го доктором агрегата.

Здесь выражение надменности  
физтеховской первокурсницы смени-  
лось на лице Стаса начальной фазой  
заискивания, и мне ничего не оста-  
валось делать, кроме как включиться  
в назревающий конфликт. Я расшар-  
кался перед чудом мировой вычисли-  
тельной техники, сообщил, что мы не  
имеем ни малейших враждебных на-  
мерений по отношению к фирме  
«Deer Blue» и тем более к доктору  
Айгвэму лично, и вообще мы мирные  
люди, движимые только неукротимой  
любопытностью, а также желани-  
ем популяризировать достижения в  
области информатики.

В ответном письме явно сквозило  
недоверие и содержался неприятно  
конкретный вопрос: «Как именно вы  
намерены популяризировать наши  
достижения?»

Отказываться от сделанного заяв-  
ления было опасно, и я решил риск-  
нуть — сослался на журнал «Химия и  
жизнь» (благо пару раз в нем печат-  
ался), который с удовольствием  
опубликует материал о «Deer Blue».

Эта ссылка неожиданно произвела  
магическое действие: очередное  
письмо от Фреда Айгвэма было про-  
никнуто полным пониманием и доб-  
рожелательностью с оттенком нос-  
тальгии. Выяснилось, что в бытность  
свою советским гражданином доктор  
в 80-е годы в городе Одессе выпи-  
сывал «Химию и жизнь» и был его  
страстным поклонником. В особен-  
ности ему нравились статьи Вячеслава  
Евгеньевича Жвирблиса. Инцидент,  
таким образом, был исчерпан. Раз-  
вивая успех, я попросил Фреда оза-  
дачить машину стишком для редак-  
ции «Х и Ж».

— Нет проблем, будет вам стишок, —  
последовал ответ.

На следующий день Стас принес  
мне текст, который после косметичес-  
кой обработки выглядел так:

## Письмо темно-синей чемпионки в редакцию «Х и Ж»

Темно-синяя, стою в стеллаже,  
Будто бы я тень в витраже.  
В виртуальном своем мираже  
Я грущу о подпоручике Киже.

То ли дело у вас в «Х и Ж»,  
Где редакторы строчат в галдеже,  
Где печатает статьи Слава Ж.,  
Где по праздникам гудят в кураже.

Где в заботах о научном багаже,  
Растолкуют вам про спектр-Оже,  
Насвистят про яйца Фаберже  
И научат готовить бланманже.

Как говаривал Толстой — Е.Б.Ж.,  
Стать я вашей хочу протече,  
Пусть пока я, увы, не Беранже,  
Я любого обойду в тоннаже.

Синим пламенем горю я уже.

Не скрою, над первоначальным про-  
дуктом пришлось немного порабо-  
тать, поскольку он был слегка коряв.  
Вот как, например, выглядел ориги-  
нал последней строфы:

Лев Н. Толстой пишет как Е.Б.Ж.,  
Я хочу быть ваш протече,  
Но еще не достигать Беранже,  
Хотя быстрее всех в тоннаже  
С использованием «на форсаже».

Такая вот приключилась история  
Без всяких сомнений, к поэзии эти  
тексты ни малейшего отношения не  
имеют, но все же довольно любопыт-  
но. Может быть, и читателям «Химии  
и жизни» машинные рифмы, да и сам  
казус, покажутся забавными. Прошу  
также иметь в виду, что отказ в пуб-  
ликации может привести к нежела-  
тельным для меня и Стаса послед-  
ствиям.

*С уважением и надеждой  
на понимание*  
**Ген.Меладзе**

Химические идеи –  
продукт, который  
мы ценим.

ChemBridge Corporation

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

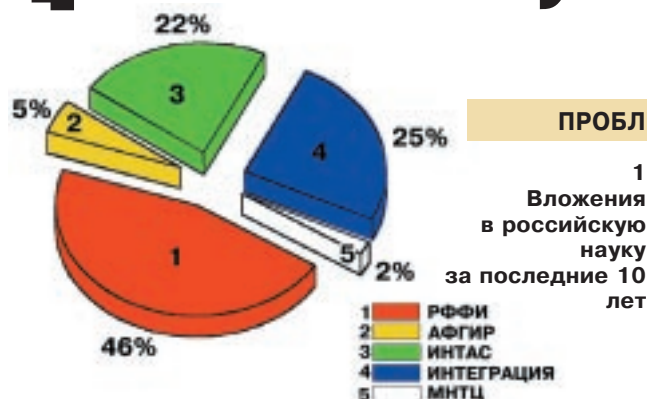


# Фандрайзинг,

## или как найти грант



### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ВЫЖИВАНИЯ НАУКИ



Несмотря на то что в Интернете и специализированных изданиях много информации о различных фондах и стипендиях, найти грант довольно трудно. Фандрайзинг, или поиск средств, — это целая наука, имеющая свои правила, какими бы простыми и очевидными они ни казались. Об этом написано немало книг и методических брошюр. В этой статье мы попробуем вкратце сформулировать некоторые из этих правил.

Сначала посмотрим, какие фонды действуют в России. Они начали появляться в 1993 году, и в настоящее время их довольно много: Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), Российский фонд технологического развития (РФТР), представительство Американского фонда гражданских исследований и развития для независимых государств бывшего Советского Союза (АФГИР) — U.S. Civilian Research and Development Foundation for the Independent States of the Former

Soviet Union (CRDF), Международная ассоциация по содействию сотрудничеству с учеными из новых независимых государств бывшего Советского Союза (ИНТАС) — International Association for the promotion of cooperation with scientists from the New Independent States of the former Soviet Union (INTAS), Международный научно-технологический центр (МНТЦ) — International Science and Technology Center и др. Кроме фондов, финансовую поддержку российской науке оказывают: Министерство образования Российской Федерации (Минобрнауки), Министерство промышленности, науки и технологий РФ (Минпромнауки), федеральная целевая программа «Интеграция науки и высшего образования России» («Интеграция») и др. (см. табл. 1).

Если посмотреть на объем средств, вложенных в российскую науку за последние 10 лет (рис. 1), то видно, что больше всего приходится на РФФИ.

Этот фонд начал свою деятельность одним из первых, тогда как программа «Интеграция» появилась гораздо позже. Сейчас «Интеграция» постепенно догоняет РФФИ, поскольку ежегодно выделяет на проекты больше денежных средств. За последние годы целый ряд иностранных фондов начали активно финансировать российскую науку (рис. 2). Кроме общего финансирования научных проектов, фонды специальными грантами и премиями поддерживают аспирантов и студентов (рис. 3). Зарубежные фонды дают гранты учащейся молодежи

в четыре раза чаще, чем российские. Это связано с тем, что в России большинство фондов — государственные организации и их задача — поддерживать крупные государственные проекты, в которых молодежи немного. Напротив, финансовая политика зарубежных фондов в основном нацелена на выполнение конкретных задач, решение которых, возможно, принесет прибыль грантодателю.

Все фонды, независимо от научного направления, в котором они работают, оказывают ученым следующие формы поддержки:

— индивидуальные или групповые денежные гранты — РФФИ, Минпромнауки;

— временные именные стипендии — университет Кейптауна, Германская служба академических обменов (DAAD), Региональная программа обмена для исследователей;

— конкурсы проектов — фонд Сороса, «Интеграция», ИНТАС;

— совместные (международные) проекты — Международный центр фундаментальных исследований по физике в Москве;

— гранты на чтение лекций, проведение семинаров и конференций — Международный центр дифракционных данных, Московское представительство Совета по международным исследованиям и обменов (АЙРЕКС);

— гранты на командировки, обучение и проведение исследований за рубежом — фонд Гумбольдта, Центр развития образования (США);

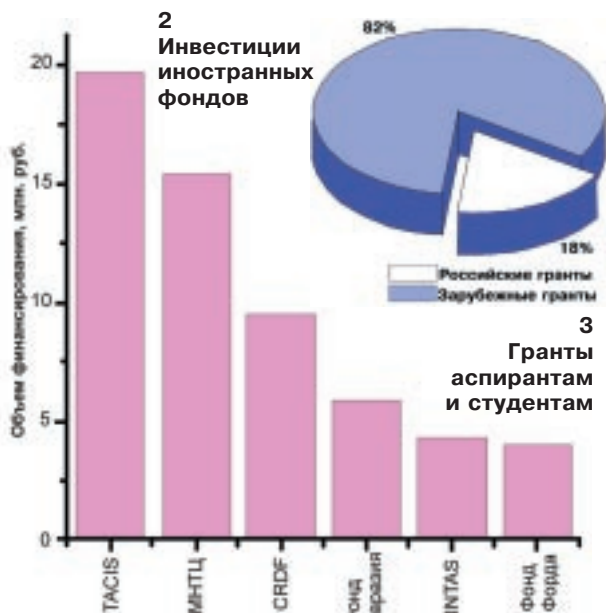
— публикации — РФФИ, фонд Сороса;

— летние школы — фонд Сороса;

— гранты на написание диссертации — Бельгийский национальный фонд содействия научным исследованиям;

— гранты на улучшение материально-технической базы учебного заведения — Международное общество исследований оптической инженерии, «Интеграция», ИНТАС и другие.

Приведенная классификация в достаточной мере условна, так как большинство фондов могут оказывать несколько различных форм поддержки одновременно.



**Российские и зарубежные фонды, занимающиеся поддержкой исследований  
в области естественных наук**

Название фонда	Электронный адрес в Интернете	Формы поддержки	Тип грантополучателей
Российский фонд фундаментальных исследований	<a href="http://www.rfbr.ru">http://www.rfbr.ru</a>	Финансирование научных проектов; проведение региональных и международных конкурсов; публикации научных монографий и сборников; организация экспедиций; проведение конференций в различных городах России; помощь в участии в зарубежных конференциях; финансирование материально-технической базы вузов, гранты на научно-исследовательские проекты	Ученые, аспиранты, студенты вузов
Министерство образования Российской Федерации	<a href="http://www.gc.spb.ru">http://www.gc.spb.ru</a>	Финансирование инициативных проектов, гранты в области фундаментальных исследований, гранты на проведение совместных научных исследований с зарубежными партнерами	Ученые (в том числе молодые ученые до 35 лет)
Федеральная целевая программа «Интеграция науки и высшего образования России»	<a href="http://www.integracia.ru/">http://www.integracia.ru/</a>	Гранты на проведение совместных фундаментальных исследований, партнерских международных проектов, обучение и стажировка аспирантов и молодых ученых	Ученые, аспиранты, студенты вузов
Министерство промышленности, науки и технологий РФ	<a href="http://www.minprom.ru">http://www.minprom.ru</a>	Денежные гранты, стипендии по результатам конкурса для поддержания и развития научных исследований	Ученые
Российский фонд технологического развития	<a href="http://www.rftr.ru">http://www.rftr.ru</a>	Финансирование научных исследований и экспериментальных разработок прикладного характера	Ученые, высшие учебные заведения
Фонд «Наука Долголетия»	<a href="http://www.scienceoflongevity.com">http://www.scienceoflongevity.com</a>	Гранты на реализацию научно-исследовательских проектов	Ученые
Центр перспективных проектов «ПОЛИНОМ-21»	<a href="http://www.polynom21.narod.ru/">http://www.polynom21.narod.ru/</a>	Финансовая поддержка и реализация проектов, поиск доноров	Высшие учебные заведения, государственные и частные предприятия и компании
Институт «Открытое общество» International Soros Science Education Program (ISSEP)	<a href="http://www.issep.rssi.ru">http://www.issep.rssi.ru</a>	Конкурсы проектов, гранты на чтение лекций, проведение семинаров, летние школы, публикации в ежемесячном «Соросовском Образовательном Журнале»	Ученые, аспиранты, студенты, бюджетные и негосударственные некоммерческие организации
Международный центр по теоретической физике в г. Триесте, Италия (The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP))	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/ictp.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/ictp.htm</a>	Гранты на организацию и проведение конференций, финансовая поддержка проектов, стажировка ученых в Италии	Ученые, высшие учебные учреждения
Национальный центр научных исследований, Франция (Centre National de la Recherche Scientifique /CNRS/)	<a href="http://www.cnrs.fr/">http://www.cnrs.fr/</a>	Финансирование совместных российско-французских проектов; обмен учеными, семинары и конференции, совместные конкурсы с РФФИ, ИНТАС	Ученые
Европейский научный фонд (The European Science Foundation (ESF))	<a href="http://www.esf.org/tao">http://www.esf.org/tao</a>	Финансирование международных научно-исследовательских программ	Научные работники, имеющие ученую степень
Фонд имени Гумбольдта (Alexander von Humboldt-Stiftung)	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/humboldt.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/humboldt.htm</a>	Стипендии, премии за особые достижения в науке	Ученые в возрасте до 40 лет
Международный научно-технический центр (МНТЦ) (International Science and Technology Center)	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/istc.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/istc.htm</a>	Гранты на совместные научно-исследовательские проекты, семинары, гранты на командировки	Ученые российских вузов

Название фонда	Электронный адрес в Интернете	Формы поддержки	Тип грантополучателей
Государственный фонд естественных наук Китая, (ГФЕН) (National Natural Science Foundation of China (NSFC))	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/nsfc.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/nsfc.htm</a>	Гранты на проведение совместных фундаментальных научных исследований	Лица, имеющие ученую степень
Фонд научных исследований (США) (National Science Foundation (USA))	<a href="http://www.nsf.gov/">http://www.nsf.gov/</a>	Гранты и стипендии на координацию и проведение научных исследований, технологические разработки	Ученые и инженеры, выпускники вузов
Поддержка НАТО научно-исследовательских программ (NATO Science Programme)	<a href="http://www.nato.int/science/">http://www.nato.int/science/</a>	Стипендии ученым для учебы за рубежом и установления сотруднических связей (Collaborative linkage grants), гранты за выдающиеся научные исследования	Ученые России и стран НАТО
Нидерландская организация по научным исследованиям (The Netherlands Organization for Scientific Research (NWO))	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/nwo.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/nwo.htm</a>	Финансирование совместных научно-исследовательских проектов, стипендии иностранным ученым на проживание в Нидерландах	Высококвалифицированные специалисты
Лондонское Королевское общество (The Royal Society)	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/royal.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/royal.htm</a>	Индивидуальные и групповые гранты, гранты на проведение конференций, организация и публикация лекций, программы обмена учеными	Лица, имеющие как минимум кандидатскую степень
Шведский совет по естественным наукам (Swedish Natural Research Council (NFR))	<a href="http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/NFR.htm">http://www.sbras.nsc.ru/found/fond/NFR.htm</a>	Гранты на совместные исследовательские проекты, гранты на стажировки ученых за рубежом	Российские ученые

## Итак, как получить грант?

### Шаг 1

Начать надо с четкого осознания вашей идеи и необходимых условий ее реализации.

Результат: ясное осмысление идеи — в чем ее новизна, привлекательность для других людей, организаций и др.

### Шаг 2

Используя ресурсы глобальной компьютерной сети, найти потенциальные фонды и грантодающие организации. Имейте в виду, что если ваша идея привлекательна, то небольшие гранты можно получить от предприятий или фирм, специализирующихся в области ваших научных интересов. Если таких организаций окажется более одной, тогда вы можете обратиться сразу по нескольким адресам практически с одним и тем же запросом. В случае если грантодающих организаций в этой области не окажется совсем, вы можете «привязать» проект к какой-либо другой программе.

Результат: выбраны потенциальные источники финансирования проекта.

### Шаг 3

Как правило, для начала имеет смысл обратиться к грантодателю с очень коротким письмом (лучше по электронной почте), в котором в предельно лаконичной форме (две-три фразы) должно быть сформулировано ваше предложение и просьба разъяснить, возмож-

на ли его поддержка в рамках деятельности этого фонда.

## Образцы предварительных писем

### В российский фонд

В представительство Минобразования России в Санкт-Петербурге, Конкурс 2002 г. по фундаментальным исследованиям в области гуманитарных наук.

*Уважаемые коллеги, нам хотелось бы направить в ваш адрес заявку на грант «Использование нейронных сетей для создания системы компьютерного тестирования в психологии».*

*Просим разъяснить, может ли быть принята такая тематика в рамках конкурса по фундаментальным исследованиям в области гуманитарных наук, а также указать дальнейшие шаги по представлению заявки.*

*С уважением,  
зав. лабораторией Иванов В.П.*

### Ответ:

*Уважаемый Виталий Петрович, проект с таким названием может быть принят в рамках конкурса 2002 г. по фундаментальным исследованиям в области гуманитарных наук. Весь пакет документов для заявки может*

*быть получен по электронному адресу : <http://www.gc.spb.ru>. Напоминаем, что срок представления документов — 15 ноября 2003 г.*

*С уважением,  
ответственный секретарь конкурса  
Крыжова Г.И.*

### В зарубежный фонд

To St.Petersburg official department of Ministry of Education of Russian Federation, programme «Fundamental Research in Humanity Sciences»

*Dear colleagues,  
We'd be very pleased to know if you could accept our project «Neuronets as a Way to Develop Computer-based System in Psychology». We'd be grateful if you could explain us if our project fits the programme «Fundamental Research in Humanity Sciences» and give us further instructions to present the project.*

*Yours faithfully,  
Head of laboratory,*

*Ivanov V.P.*

### Ответ:

*Dear Vitaliy Petrovich,  
We inform you that your project «Neuronets as a Way to Develop Computer-based System in Psychology» fits the theme of the programme «Fundamental Research in Humanity Sciences». All the documents are*



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ВЫЖИВАНИЯ НАУКИ

available at our web-site: <http://www.gc.spb.ru>. May we remind you that deadline to present the documents is 11/15/2002.

*Yours sincerely,  
Secretary of the programme,  
G.I. Khryzova.*

Результат: утвердительный ответ донора или организации.

### Шаг 4

Большинство фондов на своих веб-сайтах размещают бланки заявок, пакеты документов, аппликационные формы. Вам необходимо получить их через Интернет или запросить по почте.

Результат: полученные пакеты документов из фонда.

### Шаг 5

Внимательно изучив форму заявки, обратите внимание на условия, которые фонд ставит перед грантозаявителями. Имейте в виду, что вы должны понять, какие ответы ожидает от

вас грантодатель. Указывайте информацию, характеризующую вас и вашу деятельность, как можно более точно и полно. При чтении заявки у грантодателя должна возникнуть уверенность, что именно ваша идея заслуживает дальнейшего рассмотрения. На данном этапе надо составить черновик заявки, который рекомендуется отдать на прочтение профессионалам, занимающимся фандрайзингом. (В некоторых высших учебных заведениях и научно-исследовательских институтах есть специалисты в сфере фандрайзинга. Можно также заглянуть на сайт [www.studentgrant.boom.ru](http://www.studentgrant.boom.ru))

Результат: составленный черновик заявки на грант.

### Шаг 6

**Аккуратно** напечатайте проверенную заявку. Не экономьте на бумаге и дискете. Небрежно, с опечатками написанная заявка портит впечатление о проекте, а старая дискета вообще

может оказаться нечитаемой. Следите за тем, чтобы формулировки были лаконичными, краткими, избегайте ненужных фраз — они раздражают экспертную комиссию и снижают шансы на получение гранта. Помните, что заявка должна быть доставлена в фонд вовремя (срок всегда точно указан в объявлении о конкурсе).

Результат: отправленная заявка.

### Шаг 7

Ожидайте результатов экспертизы. Если ожидание затягивается, вы можете обратиться в фонд с просьбой разъяснить, в какой стадии рассмотрения находится заявка.

Результат: ответ экспертной комиссии из фонда.

### Шаг 8

Если ответ «нет», то вернуться к шагу 1, а если «да», то отпраздновать — и за работу.

Желаем успеха!

Таблица 2

### Электронные адреса некоторых российских и международных организаций, фондов и программ, занимающихся фандрайзингом

Организации, фонды, программы	Электронный адрес в Интернете	Предоставляемая информация
Институт «Открытое общество» Сайт «Информика»	<a href="http://www.book.site.ru">http://www.book.site.ru</a> <a href="http://db.informika.ru/ic/prj_prg/konkurs.html">http://db.informika.ru/ic/prj_prg/konkurs.html</a>	Объявления о текущих конкурсах
Сайт Министерства образования Российской Федерации	<a href="http://www.ed.gov.ru">http://www.ed.gov.ru</a>	Объявления о текущих конкурсах, программах
Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций	<a href="http://www.informika.ru">http://www.informika.ru</a>	Новости о текущих конкурсах, грантах, программах
Корпоративный сайт учебных заведений	<a href="http://www.aha.ru/~study">http://www.aha.ru/~study</a>	Информация для желающих получить постдипломное образование или повысить квалификацию в России или за рубежом, а также регулярно обновляемая информация о международных грантах и стипендиях
Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы (РИНКЦЭ)	<a href="http://www.extech.msk.su/">http://www.extech.msk.su/</a>	Информация о программах и фондах по поддержке науки и образования
Конкурсный центр фундаментального естествознания	<a href="http://www.gc.spb.ru/konkurs.phtml#konk2">http://www.gc.spb.ru/konkurs.phtml#konk2</a>	Объявления о текущих конкурсах, программах



ОТКРЫТОЕ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«АКРОН»

адрес: 173012, Россия,  
г. Великий Новгород  
телефон: (8162) 19-6109  
факс: (8162) 13-1940, 13-1949  
телекс: 237133 АСРОН RU  
e-mail: root@acron.vndv.ru

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

МОСКОВСКОЕ  
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО  
ОАО «АКРОН»

адрес: 119034, Россия, г. Москва,  
ул. Пречистенка, д. 37, стр. 2  
телефон: (095) 246-7124, 246-5123  
факс: (095) 230-2566  
e-mail: info@acron.ru



ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ

# ЭкспоХИМИЯ 2003



16-19 июня  
Санкт-Петербург

Выставочная фирма «FAREXPO», член Российского Союза Химиков, имеющая десятилетний опыт организации профессиональных выставок, приглашает Вас принять участие в 5-й юбилейной международной специализированной выставке «ЭкспоХИМИЯ» 2003, которая состоится 16-19 июня 2003 года в Петербургском Спортивно-Концертном Комплексе



### Специализированные экспозиции выставки:

- + ПЛАСТМАССЫ
- + РЕЗИНА И КАУЧУК
- + ЛАКОКРАСКИ
- + ВЫСОКАЯ ХИМИЯ, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

### Тематические разделы:

- + Бизнесовая карта -08 сек
- + Проектирование и строительство химических предприятий
- + Технологии производства
- + Сырьевые материалы
- + Промышленные и лабораторные образцы
- + Средства контроля и диагностики
- + Производство химического производства
- + Энергооборудование и экология

Полные информационные сервисы: **РСС.RU**

Информационный словарь: **ХИМ КОМПЕТ**

Каучук и резина: **КАУЧУК**

**ХИМ КОМПЕТ**

## ExpoCHEMISTRY 2003

Организаторы выставки:  
ЗАО «FAREXPO», Российский Союз Химиков, Российское Химическое Общество им. Д.И. Менделеева, при содействии Администрации Санкт-Петербурга.

Дирекция выставки:  
196105, Санкт-Петербург, пр. Галарина, 8, ПОСК, ЗАО «FAREXPO»  
Тел./факс: (812) 118 2607, 278 0067; E-mail: chem@oricon.com, www.oricon.com



# ЛАБОРАТОРИИ

16-19 июня 2003 г.

МОСКВА, РУСЬ  
16-19 июня 2003 г.



Организаторы выставки: ЗАО «FAREXPO», Российский Союз Химиков, Российское Химическое Общество им. Д.И. Менделеева, при содействии Администрации Санкт-Петербурга.

Дирекция выставки: 196105, Санкт-Петербург, пр. Галарина, 8, ПОСК, ЗАО «FAREXPO»  
Тел./факс: (812) 118 2607, 278 0067; E-mail: chem@oricon.com, www.oricon.com



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

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



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

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

### Технические характеристики приборов

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

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



ВСЕ ДЛЯ ВАШЕЙ ЛАБОРАТОРИИ

### СЕРВИСНЫЙ ЦЕНТР ДОЗАТОРОВ ВСЕХ ВИДОВ

- Регламентная чистка поршневой системы
- Замена вакуумной силиконовой смазки
- Обновление внешнего вида
- Замена элементов индикаторов объема
- Замена уплотнительных колец
- Калибровка
- Подготовка к проверке
- Гарантия на выполненные работы



**ЗАО «АМТЕО М»**  
Москва 123022,  
Б.Декабрьская, 3  
т/ф (095)253-1868, 253-8570,  
253-8542, 253-8876  
e-mail: public@amteo.msk.ru

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВАШЕЙ ЛАБОРАТОРИИ

- **Лабораторная техника:**  
Центрифуги  
Устройства для перемешивания  
Ph метры  
Кондуктометры  
Спектрофотометры  
Весы (I–IV знак точности)  
Ламинарные боксы  
Сушильные шкафы  
УЗИ-мойки  
Хроматографы
- **Системы водоочистки:**  
Класс дистилляторы  
Класс БИ-дистилляторы  
Класс аналитической чистоты
- **Дозаторы пипеточные:**  
Механические  
Электронные
- **Лабораторная посуда:**  
Стекло (Чехия, Россия)  
Фарфоровая (Россия)  
Пластиковая  
(Финляндия, Россия)
- **Лабораторная мебель**

ОБОРУДОВАНИЕ, РЕАКТИВЫ

**Со следующего номера стоимость объявления на «Доске» – 300 рублей. Оплатить можно в любом Сбербанке (квитанцию вышлем по электронной почте или по факсу) или почтовым переводом на имя зав. редакции Макаровой Т.М.**

**Ищем способ**, как изменить механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88 без нагрева заготовки, при изгибе деталей ниппелей на 90 градусов. Цель – уменьшение овальности после изгиба, радиус изгиба не более 2-х наружных диаметров:

- наружный диаметр 15мм, толщина стенки 2,5 мм
- наружный диаметр 25мм, толщина стенки 4 мм
- наружный диаметр 34мм, толщина стенки 5 мм

Нач. техотдела ЗАО «Металлорукав» Бондарев Е.В.: (095) 521-49-11

Вас интересует **БЕСПЛАТНОЕ** высшее образование или аспирантура в университетах Германии? Вы желаете получить разрешение на работу и вид на жительство в качестве студента или аспиранта? Вы хотите выучить или совершенствовать немецкий язык в Германии? Приглашаем вас принять участие в образовательной программе «Учись и работай», разработанной отделом развития университетов Германии для помощи русскоязычным студентам. Более подробную информацию запросите по **E-MAIL** : infozentrum@seznam.cz

### Ищем новые:

а) распределительную футерованную камеру для горелки к прибору «Сатурн-3П-1» 1992 года выпуска,  
б) подставку для механизма подачи пробы к графитовой печи комплекса «Графит-2».  
Наши координаты: czl@bmu.ru

**Нужны рецепты мастик и шпаклевок общестроительного назначения.**  
Цена договорная.  
**Бутенко Ю.А.,**  
тел. (3522)440706,  
jura@zaural.ru

### В Южно-Корейскую компанию

требуются химики.  
Опыт работы — более 3 лет, годовой оклад — 15–24 тыс \$, место работы — город Дэлжен (1 час от Сеула).  
Жилье, дорога, медицинское обслуживание оплачивает работодатель. В резюме указать сферу деятельности, план предполагаемых исследований и копии опубликованных работ. Резюме высылать по адресу rabota\_sl@mail.ru

**Продаю химреактивы в розницу. На складе в наличии более 800 наименований (в основном органические соединения). Бобровский Сергей Иванович (7095)169-23-29.**

**Продам Барий азотнокислый (Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) чистый.**  
Предлагаю услуги регионального представителя в г. Ставрополе.

Контактный телефон  
8-865-2-955721

Российский федеральный ядерный центр продает за **СИМВОЛИЧЕСКУЮ ЦЕНУ** химические неорганические и органические вещества с просроченным сроком годности, в том числе относящиеся к категории «Ч», «ХЧ» и «ЧДА».  
Всего 134 наименования.  
Телефон (83130) 432-06, 442-37, факс (83130) 457-98, market@astra.vniief.ru

**III Международная конференция БИОТЕХНОЛОГИЯ И БИЗНЕС** 21-22 апреля 2003 г.

При поддержке Министерства промышленности, науки и технологий РФ, Научно-исследовательского Совета при Председателе Совета Федерации Федерального Собрания РФ

Биотехнология как рынок. Обзор рынка без технологических деталей. Бизнес новости 2002	Трансферт технологий - вопросы коммерциализации интеллектуальной собственности
Финансы. Инвестиции Продажи и маркетинг	Кадры в биотехнологическом бизнесе
Инфраструктура рынка	Эффективное развитие бизнеса от бизнес-идеи до транснациональной компании
Активность государства на инновационном рынке	

ОАО "Биохиммаш"  
Тел.: (095) 777-70-89  
E-mail: denisova@rusbio.biz

ООО "Abercade Consulting"  
Тел.: (095) 787-82-00/01/02/03  
E-mail: starkova@abercade.ru



Титания

Умбриэль

С.Алексеев

Миранда

Порция →

← Пук

Ариэль

Кольца Урана.  
А вокруг планеты  
расположены  
многочисленные  
спутники

С. Комаров

# Урановые кольца. Вид с Паранала

20 арксекунд

Оберон

## Справка

Южная европейская обсерватория была основана в 1962 году для того, чтобы дать европейским астрономам мощный, хорошо оборудованный инструмент для наблюдений за южной половиной небесной сферы, а также для организации международного сотрудничества в астрономии. В число стран-участниц обсерватории входят Бельгия, Дания, Франция, Германия, Италия, Нидерланды, Португалия, Швеция, Швейцария и Великобритания. В распоряжении ученых сейчас имеются две большие обсерватории. В Ла Сийе, в 600 км от Сантьяго-де-Чили, расположены оптические телескопы с размером зеркала до 3,6 м, а также 15-метровый радиотелескоп, который работает в субмиллиметровом диапазоне. А в Паранале в 2001 году был дан первый свет на «Очень большом телескопе», состоящем из четырех телескопов с диаметром зеркала 8,2 м. Там еще есть и несколько телескопов поменьше, с зеркалами 1,8 м. Обе обсерватории находятся в Андах на высоте более 2500 метров над уровнем моря. Административный центр Южной европейской обсерватории расположен под Мюнхеном. Адрес в Сети — [www.eso.org](http://www.eso.org).



## ФОТОИНФОРМАЦИЯ

**В** Солнечной системе есть две планеты с заметными кольцами. О первой из них, Сатурне, известно давно. А про существование аналогичной детали у второй, Урана, ученые Земли узнали только в 1977 году. Тогда американские и австралийские астрономы следили за Ураном, который в этот момент закрывал некую далекую звезду. Они обнаружили странное явление: непосредственно перед затмением и сразу после его окончания, свет звезды слегка тускнел. «Вояджер-2» в 1976 году сбросил спускаемый аппарат на Марс, а спустя десять лет, в 1986 году, пролетел неподалеку от Урана, сфотографировал планету, и тогда ученые впервые смогли внимательно рассмотреть ее тонкие кольца.

При наблюдении обычным телескопом кольца Урана почти не видны. Однако инфракрасный телескоп, установленный в Южной европейской обсерватории (Чили), сумел их разглядеть. Причина в том, что на длине волны 2,2 мкм, на которой астрономы из Франции вели наблюдения, метановая атмосфера планеты практически не отражает солнечный свет. А кольца, состоящие из блестящего льда, наоборот, отражают его очень хорошо. В результате они выглядят значительно ярче и хорошо выделяются на темном лице Урана.

*Изображение Сатурна, полученное с помощью инфракрасного телескопа. Из-за большого времени выдержки астрономом пришлось применить механические экраны и использовать оплоту для того, чтобы поддерживать планету в фокусе*

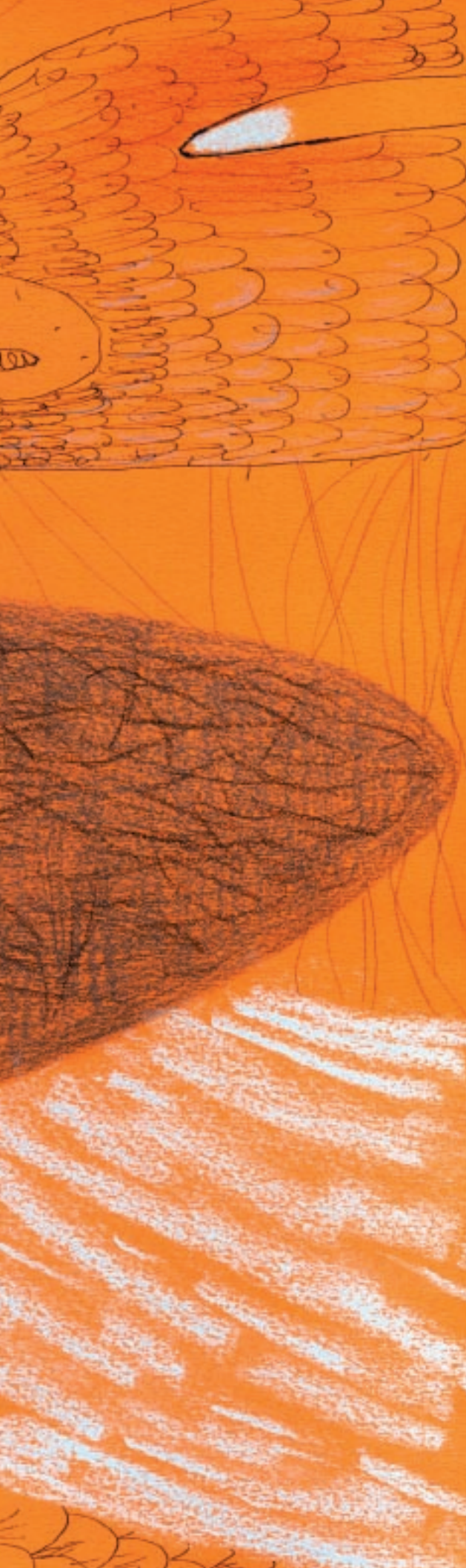


Тетис

Сейчас очень удобное время для наблюдений колец планеты с Земли. Дело в том, что ось ее вращения лежит практически в плоскости эклиптики. И сейчас планета видна почти в том же ракурсе, что и Сатурн. Поэтому удастся сравнивать строение колец у обоих газовых гигантов. А во время полета «Вояджера-2» Уран был повернут к нам своим южным полюсом, и кольца выглядели по-другому.

# Станция Финистер





## Людмила и Александр Белаш



### ФАНТАСТИКА

*Как ни странно, но мы тоже биологи. Это своего рода биологическая станция.*

Герберт Уэллс. Остров доктора Моро

Старый прохиндей дон Флорес неплохо потрудился на своем веку: и взятки брал в суде, и темные дела улаживал за мзду, и с помощью подкупленных почтовых служащих читал чужие письма — ничем не брезговал. Иригойен, Урибуру или Хусто — ему было все равно, кто сегодня главный в Буэнос-Айресе; он добывал песо, фунты и доллары. И не его вина, что главное сокровище он упустил. В ту пору — а умер дон Флорес де Ларра в 1936-м — знали только переливание крови, а о том, чтобы вшить кому-нибудь чужую печень, даже не мечтали.

Дон Флорес заботливо сохранял копии вскрытых им писем, и за это адвокат Каэтано де Ларра, видевший деда лишь на старых фото, был ему весьма признателен. Пожелтевшие от времени листки, покрытые мелким почерком Флореса, позволяли шантажировать тех, кто не хотел огласки старых семейных тайн. Грязные сделки, измены, дети, прижитые от любовников... Но оказалось, что самое ценное в этой коллекции содержалось в письме, адресованном во Французскую Полинезию и подписанном одной буквой «S».

Откровения S побудили Каэтано заняться тщательными розысками, тем более что S прямо говорил адресату: сведения об опытах 1877–1887 годов на острове Ноубл — лживые или намеренно неполные, архив и лабораторные журналы с описаниями экспериментов не сгорели, а, скорее всего, похищены тем же случайным визитером, что описал дела на Ноубле в духе сказки о безумном ученом.

Сам S поступил умнее: покидая Аргентину, он вывез все свои бумаги до единой.

Каэтано рассчитывал когда-нибудь добраться и до бумаг S. Он был уверен, что работы S содержат тот же (или другой, что еще интересней) способ надежной ксенотрансплантации. Органы животных — и человеку, вы представляете?!

Патент на такое изобретение мог бы озолотить род де Ларра на вечные времена. Как же они — эти ученые сычи, эксперты из университета — не поняли тогда, в паузе между мировыми войнами, какие барыши это сулит!.. Наверное, S забежал слишком далеко вперед, чтобы его оценили по заслугам.

Интернет позволил Каэтано вычислить возможных держателей ценных бумаг с острова Ноубл — не зря же в Сети спесиво вывешены генеалогические схемы английских фамилий. Осторожная переписка и несколько сеансов связи по телефону с Англией определили того, кто, сам не подозревая, сидел на сундуке с деньгами: Олстон Чарлз Прендик, 32-х лет, менеджер, проживающий в лондонском районе Brentford.

Тут уж было не обойтись без личного знакомства, хотя Каэтано не нравилось общаться с англичанами. Когда он переживал за солдат на Мальвинских островах, мальчишка Олстон наверняка вопил в приступе военной лихорадки: «Вышвырнем латинос с Фолклендов!»

Олстон назначил свидание в пабе. Видимо, небрежно повертев визитку, решил: «Невелика птица — всего-то адвокатишка-аргентинец». Каэтано рассчитывал минимум на ресторан, и выбор Прендика его немного обидел.

При встрече стало ясно, что житейский опыт и разница в пятнадцать лет что-нибудь да значат. В подтянутом, высоком, голубоглазом Ол-

стоне чувствовалась имперская закалка — это у британцев в крови, однако Каэтано, толстенький и лысоватый, с первых слов завел речь о бумагах — и не прогадал: менеджеру Олстону многое хотелось узнать, и он поневоле начал говорить больше, чем следовало:

— Слушайте, Ларра, почему этими документами регулярно интересуются бродяги, алкоголики и иностранцы? Это длится с Первой мировой, и вы очередной продолжатель традиции. Я сомневаюсь, что там зашифрованы координаты алмазного клада. Будь оно так, деда или отца давно бы убили, а документы — выкрали. Вы все приезжаете как будто убедиться, что эта макулатура цела, а мы, Прендики, по-прежнему в ней ничего не смыслим... Что ж, я ее читал и консультировался на сей счет. Какой-то ранний, варварский этап науки: вывесеция, пересадка лап и ушей у собак... причем сплошные неудачи. Расскажите-ка мне, в чем тут соль, а то наш разговор не состоится. Итак?

— Иностранцы... — проговорил Каэтано и сделал паузу, чтобы сделать глоток пива, — это занятно! Мистер Прендик, я полагаю, что и вы от меня скрываете немало интересного. Предлагаю обмен информацией: я вам, вы мне. Без моих сведений вы останетесь хранителем бесполезного богатства... Размер вашей доли мы обсудим позже, а пока мой первый вопрос: когда и какие бродяги досаждали вам по тому же поводу?

Олстон помолчал, взвешивая слова аргентинца. И Каэтано решил показать, насколько глубоко вник в эту историю:

— Бумаги, доставшиеся вам по наследству, были незаконно присвоены. Правда, их присвоили не вы, а дядюшка вашего прадеда, Эдвард Прендик. Он вывез их с острова Ноубл — это западнее Галапагос, эквадорское владение. А принадлежали бумаги физиологу Рандолфу Моро.

— Глупости, — отрезал Олстон. — Старина Эдвард был большой фантазер с причудами. Его записки о приключениях в Тихом океане — плод воображения, он даже стеснялся напечатать их при жизни.

— И сфабриковал бумаги Моро, чтобы подкрепить выдумку, которую было неловко опубликовать?

Олстон недовольно поджал губы:

— Вы стучитесь в стену вместо двери. Эдвард Прендик занимался биологией у Хаксли, ставил опыты. Позже по материалам своих исследований написал нечто вроде повести. И все.

— А иностранцы?

— Да, вот, например, вы. Зачем вы прилетели из Буэнос-Айреса?

— Чтобы купить бумаги или убедить вас разумно воспользоваться ими. Те, кто спрашивал о них раньше (не знаю кто, но догадываюсь), охотно бы заполучили их. Но они не кровожадны; эти скорее подождут, пока представится удобный случай. То-то они вас навещают так упорно... Ну как, будем сотрудничать? У меня есть карта, у вас автомобиль, и доехать мы сумеем только вместе.

— А какую выгоду вы надеетесь извлечь? — Кажется, Олстон стал склоняться к положительному решению.

— Много миллионов, — тихо сказал Каэтано. — Столько, сколько смогут заплатить люди, нуждающиеся в пересадке органов. Вам известно об отторжении трансплантатов? О том, что даже в лучшем случае это происходит через несколько лет после операции? Те, кто следят за рукописями Моро, знают способ избежать этого. Бумаги будут приманкой, чтобы прямоком выйти на них...

Теперь завязался вполне предметный разговор.

— В первый раз это случилось в тысяча девятьсот двадцатом, когда прадед Чарлз вернулся из Индии, — рассказывал Олстон. — Его попросил о встрече человек, которого звали Мердок Монтгомери.

— Тот, кого якобы убили чудища Моро на Ноубле?

— Да, тот самый. Это был спившийся, больной старик. Он ныл и жаловался, что Эдвард бросил его и уплыл на един-

ственной лодке. Просил вернуть бумаги. Чарлз его выгнал. Смешно: Монтгомери был старше, он пережил Чарлза лет на семь. Крепкая кость была у этого пьянчуги. Скитался по южным морям, жил среди дикарей, сидел в тюрьме.

— Дальше, дальше! — торопил Каэтано.

— Дальше была Вторая война. Незадолго до нее... а дед тогда как раз готовился к свадьбе, ему прислал визитку некий... — Тут, услышав фамилию S, Каэтано внутренне возликовал: все сходится, все нити затягиваются в единый узел! — ...испанец, доктор медицины, но практиковал он почему-то во французской колонии. Немолодой, но выглядел прекрасно, как говорил дед. Еще дед сказал о нем: «Если бы Шерлок Холмс был брюнетом и брил голову...»

— Ну и что же?

— Ничего. Гость был очень вежлив. Он расспросил о бумагах и посоветовал хранить их как редкий исторический экспонат.

— Туамоту...

— Что?

— Он работал на островах Туамоту, точнее, на атолле Таэнга.

— Возможно. Где-то там, в районе Таити. Вы что-то знаете о нем?

— Кое-что, — уклонился от ответа Каэтано. — Но сейчас это не важно. Продолжайте, прошу вас.

Третий любопытствующий о бумагах Моро приходил уже недавно, в 1998-м. Тогда бумаги находились у отца Олстона, и Олстон видел гостя. Чем-то похожий на полинезийца, рослый и стройный мужчина лет сорока, с удивительно красивыми лучистыми глазами. Похоже, метис. Вроде бы он прибыл из Австралии, но имя и акцент — французские, а фамилия — испанская. А в Австралию кто только не иммигрировал — хорваты, немцы, русские!..

— Конечно! Австралиец! — Каэтано не сдержался и встал. — Туда-то нам с вами и придется ехать, мистер Прендик.

И он рассказал Олстону самое главное о S: кто он был, чем занимался в Аргентине в начале XX века и чем кончились его святотатственные опыты над животными и человеком. Хотя вряд ли они тогда завершились.

Выслушав все это, Олстон подумал, что, возможно, мы зря



с пренебрежением относимся к энтузиастам зари НТР, которые поднимали в воздух первые цеппелины, вручную промывали радиевую руду, изобретали «лучи смерти» и почти вслепую ставили эксперименты по омоложению организма. Они, эти смельчаки-одиночки, с их всеобъемлющим, цельным, энциклопедичным мышлением и с маниакальной жадой поиска, вполне могли найти нечто, чего не может увидеть наука XXI века, которая в своей мелочной раздробленности схожа с тремя слепцами из известной притчи: каждый врозь ощупывает уши, хобот и ноги слона.

Океанографическая станция Финистер на полуострове Кейп-Йорк в Квинсленде — место тихое и уединенное. Судходный путь из Сиднея в новогвинейский Порт-Морсби — не самый оживленный коммерческий маршрут в здешних водах; корабли обходят Большой Барьерный риф стороной, и у берега царит покой.

По суше к станции Финистер дороги нет — вечнозеленый лес из жестколистных деревьев и колючих кустарников надежно отсекает станцию от слабо обжитой земли зоной в тридцать миль. И до ближайшего города — семьдесят миль. Настоящая глушь.

Но те, кому довелось попасть на Финистер — а таких людей мало, — были очарованы опрятным, ухоженным поселком. Спутниковая связь, причал для катеров, два гидроплана... в общем, легче перечислить, чего нет у жителей станции, чем то, что у них есть. Научная работа, быт и отдых — все налажено.

Станция существует уже полсотни лет, и дружные семьи выходцев из Французской Полинезии, подрядившиеся ее содержать и выполнять программы наблюдения за океаном, вложили в Финистер немало труда и собственных средств; правительство в Канберре всегда радо таким трудолюбивым иммигрантам.

Наверное, если бы не декабрьские муссоны, Финистер могла бы существовать в конкурсе «Райский уголок Австралии».

Франсуа Гонсалес оставил «торпеду» помощникам (ее надо поднять из воды, подзарядить аккумуляторы и осмотреть двигатель) и направился к рабочему корпусу № 2, на ходу снимая очки для подводного плавания и расстегивая гидрокостюм. Легкая летняя сухость уже сменилась давящим зноем октября.

Филипп приветствовал его коротким взглядом и кивком; они виделись утром, и тогда Филипп обещал закончить работу над листком, что прибыл на катере с еженедельной почтой из Уэйпы. Горючее из цистерн катера уже перекачали в емкости на берегу, продукты разгружены, а листок все еще оставался проблемой — возможно, самой сложной проблемой, с которой жители станции столкнулись за последние годы.

— Какие результаты?

— Бумага ветхая, но химикатами для искусственного старения ее не обрабатывали, — доложил Филипп. — Состав чернил соответствует технологии третьей четверти девятнадцатого века. Анализ почерков подтверждает: писали Моро и Монтомери. Иными словами, это подлинник.

— Значит, молодой Прендик дозрел и понял, чем обладает. Но ведь кто-то подсказал ему, где нас найти, а?

Филипп оттолкнулся ногой и отъехал в кресле на роликах от стола с нагромождением лабораторной техники. На плоском мониторе замерло изображение: в свете полной луны изжелта-серый солончак, поросший серебристыми волокнами и кое-где залитый застывшими темно-коричневыми потоками; так при большом увеличении выглядел лист из журнала Моро. Изменчивые цветные картины на экране Филипп мог наблюдать долгими часами без усталости и тошнотворной рези в глазах; его глаза отличались от глаз всех операторов на планете одной маленькой, но очень существенной деталью. Впрочем, и глаза Франсуа тоже.

— Это мог сделать тот, кто проследил перемещения S начиная с тысяча девятьсот тридцать первого года. S не скрывал,



## ФАНТАСТИКА

что уезжает на Таэнгу. Следующий этап — переезд в Квинсленд — тоже нетрудно отследить по документам, было бы желание и время. К тому же в сорок девятом об этом сообщала пресса. Скорее всего, поисками занималось частное лицо — какой-нибудь любознательный корыстный человек. Но никак не государственные службы. Аргентина — не та страна, чтобы заботиться о приоритете в фундаментальных исследованиях. Соединенное Королевство нажало бы на Канберру, и нам устроили бы обыск под видом ревизии. А Штаты высадили бы ночью с субмарины десант в черных масках.

— Да, пожалуй... — Франсуа в задумчивости подошел к окну. — То, что случилось, — наиболее предпочтительный вариант. Человек, изучавший следы S, близок к тому, чтобы открыть себя. Надо узнать, кто он, и взять под наблюдение...

На площадке мальчик и две девочки играли с большой кудлатой собакой. На вид детям было лет по двенадцать, но Франсуа знал, что старшей из девочек — всего семь с небольшим, знал потому, что это была его вторая дочь, Дезире.

Он без труда различал золотистый пушок на ее загорелой коже. И она тоже, если бы захотела, смогла бы увидеть даже выражение его лица за оконным стеклом. Франсуа поднял фрамугу и позвал вполголоса:

— Дезире.

Ее уши шевельнулись, еще когда фрамуга пошла вверх. Дезире обернулась и, улыбаясь, помахала отцу рукой. Кар, с трудом уgomонившись после игры, встал на задние лапы, а передние положил девочке на плечи. Потом, разевая пасть, хрипло, отрывисто выговорил:

— Хай! Frrrra, хай!

Собаки не на многое способны, речь их плохо модулирована и бедна. Если старый Прендик не наврал в своих записках, Моро тоже заставлял животных говорить. И не только говорить, но и думать — естественно, на более высоком уровне, чем им дано от природы... Что это, сказки? Вымысел лондонского денди, от неудовлетворенности и скуки викторианского бытия сперва занявшегося наукой, а затем пустившегося в путешествия? Тогда Дезире, пес Кар, и сам Франсуа — даже не сказка, а миф. Но станция и ее обитатели реально существуют. И существует побуревший за сто двадцать лет лист из журнала Моро. Какие открытия может скрывать **весь** журнал?..

Амадис, странный даже для этих мест мальчуган-метис, чьим отцом был сын таитянки и индейца-гуарани, а матерью — дочь ирландца, с легкостью подхватил на руки Кара, весившего добрую сотню фунтов, потом вскинул его на плечо и пошел к морю, немного отклонившись для равновесия, но не согнувшись. Умел ли Моро создавать такие композиты, как Дезире и Амадис? Такие, которые воспринимают от родителей привитые им свойства и затем передают потомству? Мускулатура шимпанзе, всемерно превосходящая по силе человеческую, упроченные кости и связки, многократно обостренный слух, зрительное пятно на сетчатке, увеличенное в три раза...

Франсуа на мгновение представил Моро — могучего седого старика в халате и фартуке, перепачканного кровью, среди

визга, воя и звериных запахов вивария на Ноубле. Отверженный официальной наукой фанатик, который преодолел барьер тканевой несовместимости. Действительно ли он пытался создать новых людей, сшивая химерических тварей: голова волка, тело оцелота, лапы обезьяны?.. Должно быть, его не устраивал род людской, и Моро решил начать все с нуля, со зверя. Начинать же следовало с человека. S понял это, и — вот он, народ станции Финистер.

Наука всегда зарождается в крови, в грязи и, как и пациенты Моро, проходит через Дом страдания, чтобы затем стать чистым Знанием.

Амадис, Дезире и Пеладжа, хохоча, сбросили с себя лишнее и, разметая ногами брызги, устремились в воду. Полаяя, пометавшись по берегу, бросился в море и Кар. Франсуа проводил их тревожным взглядом.

В случае опасности станцию можно эвакуировать за сутки. А потом — долго обживать на новом месте: тщательная, кропотливая легализация, покупка жилья, оборудования и транспорта... Совет станции обсуждал и такую возможность. Есть укромные места — скажем, берега и острова Калифорнийского залива, карибское побережье Никарагуа. Но это — стресс: вынужденная смена образа жизни, потерянные годы, разрушенные судьбы детей.

— Надо связаться с теми, кто прислал фрагмент журнала, — обернулся Франсуа к Филиппу. — Сообщить, что мы готовы с ними встретиться. Здесь, на станции. Пусть приезжают со следующим катером из Уэйпы. Совет Финистер меня поддержит.

Филипп кивнул и начал составлять письмо на адрес электронной почты, что лежал в конверте с листом рукописи.

**Д**е Ларра и Прендик приняли все меры предосторожности. Архив Моро упрятали в ячейку хранилища ценностей при отеле, где они остановились; известили ближайших знакомых, что отправляются на Финистер, и справились в береговой охране, безопасен ли путь до станции. Они были готовы ко всему, но ничто не могло заставить их врасплох. Всю дорогу (а путь занял пять с половиной часов) адвокат ждал подвоха и с подозрением присматривался к экипажу.

Прендику, напротив, понравились эти высокие, ладные парни и девушки. Определенно, к англосаксам эти люди не принадлежали — скорее, к средиземноморской расе: смуглые, черноволосые, даже, возможно, с примесью азиатской крови. Особенно хороши были девушки в льняных шортах и блузах с короткими рукавами; на их шеях, оттеняя кожу, матово играл розовый жемчуг. Обычно такие милашки — в купальниках или топless — украшают обложки журналов и рекламные буклеты полинезийских курортов. Попытка завязать с ними знакомство закончилась неудачей: то ли девицы были ко всему равнодушны, то ли Прендик вел себя не по-курортному чопорно. Тогда он принялся любоваться берегами, желтыми над синей гладью. За проливом, отделяющим остров Принца Уэльского от материка, начались воды Кораллового моря.

Казтано тоже внимательно разглядывал симпатичных морячек — без вождения, но с затаенным желанием увидеть где-нибудь на их телах послеоперационные рубцы. Ничего!..

Станция показалась почти безлюдной. Встречали их двое: знакомый Олстону директор Франсуа Гонсалес и молодой океанолог Филипп Вильбуа. И еще собака — мощный, лохматый пес медвежьего окраса, с короткой мордой и умными глазами.

— Надеюсь, вы понимаете, что ради вашего удобства мы не можем лишний раз посылать катер в рейс, — напомнил Гонсалес, объяснив, что именно он и его коллега Вильбуа уполномочены вести переговоры. — Если хотите, можете пожить у нас неделю, а если нет — к вашим услугам гидроплан, но вам придется оплатить расход горючего и работу пилота.

— Мы отправимся в Уэйпу, когда достигнем соглашения, — неопределенно высказался Казтано, — или если соглашение не состоится.

Он был не прочь как следует осмотреть станцию, но полагал, что им далеко не все покажут. И отчего-то ему очень не нравился этот молчаливый бурый пес.

Хозяева угостили их скромным, но сытным обедом, после чего перешли к делу.

— Мы готовы приобрести у вас рукописные материалы, образец которых вы представили. Ваша цена? — Гонсалес был спокоен и готов торговаться, но у Казтано для него имелось особое предложение:

— Обмен. Мы бы хотели совершить обмен. Копию за копию. У вас есть рукописи S, у нас — рукописи Моро. Если договоримся о взаимно безопасных условиях, то мы пропустим через сканер или снимем цифровой фотокамерой ваши бумаги, а вы — наши.

Это был тот случай, когда роль денег играет информация. Но хотя Казтано мог бы удовлетвориться и содержанием архива S, его намерения простирались куда дальше. Скажем, выманить этих экспериментаторов вместе с бумагами с их труднодоступной станции; это откроет богатые возможности для давления и шантажа. Можно потребовать экспертизы документов S на подлинность, деликатно пригрозить разоблачением, — дескать, нам известно, что вы ставите опыты на людях. Наконец, предложить партнерство. У Олстона Прендика широкие знакомства в лондонских деловых кругах, он найдет инвесторов.

Однако Олстон решил сам ускорить события — роль статиста в замыслах де Ларры его не устраивала. В конце концов, архив Моро принадлежал ему!

— Господа, — вмешался он, — нам в общих чертах известно направление ваших работ. Ради Бога, не воспринимайте мои слова как упрек, но нам кажется, что вы держите под сукном полезные изобретения. Вы не можете не знать, насколько сейчас на подъеме трансплантология. Десятки тысяч операций во всем мире! Это же колоссальный бизнес. Если мы объединим усилия... При нашей поддержке вы создали бы открытый центр по пересадке органов, заработали бы огромные деньги. Только представьте себе, какова потребность развитых стран в трансплантации! А реплантации конечностей?

— Все это нам известно, — холодно ответил Франсуа.

— Наконец, есть и моральная сторона вопроса, — горячился Олстон, видимо, решив придать своим планам ореол благородства. — Мы сможем прекратить преступную торговлю органами!

— Боюсь, что вы скорее ее расширите. На черном рынке, кроме почек и сердец, появятся конечности. Они, разумеется, более стойки при хранении и транспортировке, чем внутренние органы, но по-прежнему их будут брать у живых лиц и без согласия этих людей.

— Значит, вы умеете сшивать и восстанавливать нервы? — невинно спросил Казтано.

— Кажется, мы говорим об обмене рукописями, а не об обмене ноу-хау? — Франсуа до мельчайших деталей (порой это раздражает) видел рыхлое, сальное, ноздреватое лицо толстяка. — И вы, я догадываюсь, не медик. Обычное сшивание нервных стволов неэффективно.

— Я бы оставил вопрос о нашем взаимодействии открытым. — Олстон ясно понимал, что без опытных спецов со станции раскрутить проект де Ларры будет трудно. Правда, образцов, сделанных на основе идей Моро и S, он не видел, но Казтано предъявил ему микрофильм с текстами буэнос-айресских газет 1925 года и тогдашними фото. В норме такого не бывает — если, конечно, не считать экспонаты кунсткамер. С другой стороны, в прессе и ныне мелькают «подлинные» фотографии йети, морских змеев и зеленых человечков со вздутыми лысыми

головами. Так что Олстон испытывал и некие здравые сомнения.

— Итак, мы встретимся в Уэйпе через неделю, — подытожил Гонсалес. — Мы приедем на катере и привезем документы. Полагаю, чтобы подготовиться к встрече, вам надо прибыть туда по воздуху. Вас это устроит?

Каэтано хотелось остаться, чтобы разнюхать хоть что-нибудь о происходящем на станции. Но увы, Гонсалес прав. Надо подготовить людям с Финистер достойную встречу в Уэйпе! Там наверняка найдутся крепкие парни для грубой, даже очень грубой физической работы...

— Я уважаю ваше мнение, — продолжал разглагольствовать Олстон уже по пути к гидроплану. — Уважаю, но не разделяю его. Возможности нашего века и те открытия, что сделал Моро...

— Мистер Прендик, — суховатым тоном перебил Гонсалес, — вы намерены получать доходы. Попробуйте — может быть, вам это удастся... Мы же считаем, что человечество не готово принять эти открытия. Что их будут применять во вред. Во-первых, они еще резче обозначат разрыв между имущими и неимущими, а во-вторых, приведут к созданию каких-нибудь универсальных солдат. Задумайтесь: хотите ли вы этого? Если бы вы решили сжечь бумаги Моро, не сохранив копий, я бы огорчился, как ученый, но искренне пожал бы вам руку, как человек. Поразмыслите хорошенько. Вы можете сообщить мне о своем решении по радиотелефону, вот номер для связи. Я буду ждать до послезавтра, и если вы решитесь, то приеду на это аутодафе. Помните, бумаги — ваши, и вы вправе распорядиться ими, как сочтете нужным.

Слух у отставшего Каэтано был куда слабее, чем у Франсуа, и разговора директора станции с Прендиком он не слышал. А вот Франсуа весьма отчетливо слышал его шаги и сопение сзади; адвокат вертел головой, надеясь приметить хоть что-то важное. Но на глаза попала только тоненькая девочка-подросток, наблюдавшая за отъезжающими из тени деревьев.

Кроме того, Каэтано переполняли недобрые мысли о Гонсалесе и Прендике: о чем они там сговариваются?..

Второй гидроплан вылетел через четверть часа после первого, и напрямик, чтобы успеть высадить в Уэйпе собственных пассажиров — до того, как туда придут возвращающиеся со станции визитеры. На борту, кроме пилота, были двое мужчин, девочка-подросток и пес Кар.

**М**инул день, за ним еще один, но Олстон Прендик так и не связался с Франсуа. Вообще, Олстон посвятил размышлениям над словами Гонсалеса не больше четверти часа и решил про себя, что неимущим вполне хватает социальной помощи и пожертвований, а солдаты, усовершенствованные посредством бионики, — совсем неплохая идея и не мешало бы ее развить. Каэтано тем временем носился по Уэйпе, заводил какие-то сомнительные знакомства, шептался в барах с угрюмыми мужчинами спортивного телосложения, а по возвращении в отель потирал ладони, подмигивал Олстону и намекал, что дело ладится. Кажется, он и с местной полицией нашел общий язык.

На четвертый день, когда Каэтано вновь отправился в портовый бар (и опять взял у Олстона денег «в качестве аванса нужным людям»), Прендик в обычное время отправился на пляж. Он никогда не изменял своим привычкам. Участок моря возле пляжа отеля был защищен от акул, погода — именно такая, чтобы искупаться. Олстон неплохо плавал и брассом удалился от берега метров на семьдесят.

Его появления давно и терпеливо ожидала девушка в ластах. Она притаилась за противоокулей сеткой у большого камня, по-лягушачьи выставив из воды лишь макушку в чепце мокрых волос и лицо до ноздрей. Надев очки, девушка бесшумно ушла под воду, поднырнула под приподнятую у дна



## ФАНТАСТИКА

сеть и, подплыв снизу к Олстону, вцепилась в его щиколотки и потащила за собой на глубину. Ни вскрика, ни плеска — Олстон Чарлз Прендик исчез, лишь слабо взмахнув руками.

Задыхаясь, он еще яростно сопротивлялся, но девушка оказалась невероятно сильной и, похоже, совсем не испытывала удушья. Уже теряя сознание, Олстон увидел на ее спине, ниже лопаток, жаберные щели. Он успел это понять и поверить рассказам де Ларры, но поведать об этом никому не смог.

Неудачей завершился и поход Каэтано в бар. В переулке на него молча бросился большой, лохматый бурый пес. Он сбил адвоката с ног и разорвал ему горло. Каэтано де Ларра умер от кровопотери раньше, чем ему смогли оказать медицинскую помощь. Случайные свидетели этого происшествия позже уверяли полицию, что, сделав свое дело, пес бросился к пристани и, прыгнув в воду, больше не показывался на поверхности.

Связку больших старых тетрадей, помещенную покойным Олстоном Ч.Прендиком на хранение в отель, изъяла полиция Уэйпы. Дальнейшая судьба их неясна, но несомненно, что похожий на полинезийца мужчина лет сорока пяти как-то вечером зашел в полицейское отделение с пустыми руками, а вышел, дружески распрощавшись, с каким-то увесистым пакетом.

— **З**ирра, Зирра, — ластился Кар к Дезире, и девочка нежно потрепала пса по загривку. Затем приказала: — Тихо, тихо. Ложись. Нельзя шуметь.

Кар был умным, воспитанным псом, он понимал, что в этом месте надо вести себя смирно. Небольшой огороженный участок в лесу, расположенный за станцией, люди посещали редко и почти не разговаривали здесь. Тут было очень чисто; продолговатые холмики с торчащими над ними каменными плитами — больше ничего. Почуввав рядом сумчатую кошку, Кар сдержанно порычал сквозь зубы; кошка взмыла на дерево и затаилась.

Дезире раскладывала белые цветы по могилам. Помолчав, она вздохнула и, позвав Кара быстрым ультразвуковым свистом, пошла к выходу из ограды. Закрывая решетчатую калитку, девочка бросила взгляд на ближайшее надгробье. Здесь лежал отец, известный как S, с названным сыном — оба глубоко чтимые на Финистер. Надпись на этой могильной плите гласила:

БАРТОЛОМЕ САЛЬВАТОР-И-ГАЛЬДОС  
доктор медицины  
1873–1954

ХОСЕ ГОНСАЛЕС  
(ИХТИАНДР)  
1905–1968



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

# Мамонты погибли от насморка!

Статья с таким заголовком появилась в журнале «Old Scientist». Ее автор, доктор Ноус, молодой американский ветеринар, занялся исследованием мамонтов в общем-то случайно. Свое первое путешествие в Россию он предпринял с чисто коммерческой целью: в надежде хорошо заработать на продаже собачьего корма «Pedigree» северным народам — хозяевам многочисленных лаек. Тут-то он и увидел впервые огромные туши, законсервированные в вечной мерзлоте.

Описание поездки доктора Ноуса заставляет вспомнить барона Мюнхгаузена: автор не разбогател, но вернулся домой с почти готовой разгадкой тайны гибели мамонтов — и его гипотеза, судя по всему, подтверждается.

Ну не удивительно ли? Мамонты благополучно пережили эпоху глобального похолодания, но погибли, когда климат сделался чуть ли не теплее, чем сейчас! Однако все встает на свои места, если вспомнить, что оттепели, повышение влажности воздуха и сильный ветер — идеальные условия для насморка. Не случайно в Скандинавских странах, омываемых водами теплого Гольфстрима, насморк — национальная болезнь, а сибиряки, напротив, отличаются отменным здоровьем.

Можно себе представить, как страдали от промозглой погоды мамонты в послеледниковье! Как прикажете бороться с насморком, имея нос длиной в несколько метров, особенно если учесть, что хобот — это не только нос, но и единственная рука? А простужались мамонты, судя по всему, часто. Шерстяная «юбка», прикрывавшая их ноги и хорошо защищавшая в морозы, во влажном климате постоянно намокала. Мокрая юбка, мокрые ноги — вот тебе и насморк.

Интересно, что в Америке мамонты вымерли много раньше, чем в России. Доктор Ноус считает это следствием большей длины хобота американских мамонтов: по возвращении на родину он тщательно изучил все сохранившиеся экземпляры и теперь уверен в правильности своей теории. «Что поделаешь, — шутит он, — без длинного носа и длинных рук в Америке и столько не проживешь! Другое дело русские мамонты — какое-то время они, видимо, еще боролись с насморком, помогая друг другу, но когда скудость кормовой базы заставила их рассредоточиться, тогда и вымерли».

Сейчас ветеринар активно включился в рекламную кампанию одного из новейших препаратов от насморка. «Пусть оно дорогое, — убеждает он, — зато нос очищает мгновенно. Имея в распоряжении такое лекарство, можно смело приступать к возрождению мамонтов — насморк их уже не погубит!»

*И.Я.Хоботовский*

## Пишут, что...



...в честь полувекового юбилея открытия структуры ДНК в Великобритании выпущена монета достоинством в два фунта стерлингов с изображением двойной спирали («Nature», 2003, т.421, с.103)...

...физики из США предложили так изменить специальную теорию относительности, чтобы в ней, кроме максимально возможной скорости, были аналогичные пределы для энергии и импульса («Physical Review Letters», 2002, т.88, с.190403)...

...в результате введения квантовых поправок в ньютоновский закон всемирного тяготения получена формула, дающая более сильное притяжение («Журнал экспериментальной и теоретической физики», 2002, т.122, № 6, с.1144)...

...в США создали электронную лампу для получения рентгеновских лучей, в которой роль катода играют углеродные нанотрубки («Applied Physics Letters», 2002, т.81, с.355)...

...цезий стал седьмым химическим элементом, из которого получен конденсат Бозе—Эйнштейна («Physics World», 2002, № 11, с.27)...

...в России осуществлен синтез углеводородов из неорганических компонентов при давлении до 5 ГПа и температуре до 5000К («Доклады Академии наук», 2002, т.387, с.789)...

...на Международной космической станции и на будущих межпланетных кораблях нужно создавать салатную оранжею («Авиакосмическая и экологическая медицина», 2002, № 5, с.8)...

...в одной из африканских стран разработан метод обучения людей медленному чтению, так что самым заядлым книголюбам будет достаточно одной-двух книг в год («Psychology Tomorrow», 2002, т.18, с.25)...

...в Токийском университете за 400 часов работы суперкомпьютера «Хитачи» вычислены более триллиона десятичных знаков числа «пи» («НГ Наука», 22.1.3, с.15)...





...наиболее вероятным путем абиогенного образования нефти принято считать ее синтез на основе CO, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> («Нефтехимия», 2002, № 6, с.423)...

...сахарный диабет подавляет клеточные новообразования и рост многих видов злокачественных опухолей, однако механизм этого явления неизвестен («Биохимия», 2002, № 12, с.1611)...

...выдвинута гипотеза, согласно которой многие заболевания (аутоиммунные и другие) связаны с тем, что антитела теряют свою специфичность и становятся полиреактивными («Український біохімічний журнал», 2002, № 4, с.135)...

...европейский регион Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) объявлен «свободным от полиомиелита» («Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии», 2002, № 6, с.3)...

...по данным ВОЗ, из 50 млн. ежегодно умирающих в мире человек, более чем у 16 млн. причиной смерти служат инфекционные и паразитарные заболевания («Медицинская паразитология», 2002, № 4, с.3)...

...уровень техногенного влияния на озоновый слой Земли сильно преувеличен — его поведение определяют в основном природные факторы («Оптика атмосферы и океана», 2002, № 10, с.911)...

...сейчас в ООН входят 189 государств, всего же их на Земле около 250, а через 30 лет, по некоторым оценкам, их будет до 500 («Общественные науки и современность», 2002, № 6, с.115)...

...Россия остается ведущей интеллектуальной державой, ежегодно экспортирующей десятки тысяч квалифицированных специалистов («Известия — Наука», 07.02.03)...

...наука живет в атмосфере, состоящей из смеси кооперации и конкуренции, — есть прекрасное международное сотрудничество, но и жестокое непрекращающееся соперничество («Неприкосновенный запас», 2002, № 5, с.52)...



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Новое терракотовое войско

В Китае состоялось сенсационное открытие: найдено новое терракотовое войско. Впрочем, новым его можно назвать с большой натяжкой. По предварительным оценкам, возраст находки — две тысячи лет.

В провинции Шаньдун, в могиле вельможи из династии Хань, китайские археологи обнаружили скульптуры более чем сотни солдат и лошадей из раскрашенной терракоты — целое войско! Захоронение пока точно не идентифицировано, но, скорее всего, оно принадлежит какому-то князю («Science & Vie», февраль 2003 г.).

Возглавляют кортеж тридцать всадников, построенные в пять рядов. И они сами, и их лошади выкрашены в пурпурный цвет. Уши и хвосты коней можно двигать, так как они укреплены в специальных отверстиях. В центре расположены три керамические колесницы, каждая с четверкой лошадей, а замыкают шествие 80 пехотинцев.

Изыщество исполнения свидетельствует о мастерстве ремесленников того времени. Кроме того, изучая эти скульптуры, историки получают новые сведения о том, как готовились к битвам войска аристократии Хань (206 до н.э.—206 н.э.).

Эта терракотовая армия — уже третья. Первая, самая известная, открыта в 1974 году в Ляонине, недалеко от нынешнего Шэньяня, она принадлежала первому китайскому императору Цинь Шихуанди (259—210 до н.э.) и насчитывает более тысячи солдат в натуральную величину. Вторая — собственность Цзин-ди, четвертого императора Хань (157—141 до н.э.), — найдена в 1990 году, также возле Шэньяня.

**О.Рындина**



А.Д.ТАРАСОВУ, Керчь: *Вопреки распространенному мнению, нефрит не является алюмосиликатом (в отличие от многих других декоративных камней) — это гидроксисиликат кальция.*

О.А.МАКЕЕВУ, Томск: *Серебро можно окрасить «под старину» с помощью серной печени (продукта спекания кальцинированной соды с серой в весовом соотношении 2:1), растворенной в воде.*

Д.Г.БЛАГОМУ, Москва: *Метиленовый синий и метиленовый голубой — одно и то же вещество: производное фенотиазина, индикатор, антисептик и вдобавок антидот при отравлении цианидами.*

П.В.ПУЗИКОВУ, Иркутск: *В старых рецептах соления мяса и мясопродуктов селитру предлагали добавлять в рассол не столько «вместо соли», сколько для того, чтобы сохранить красный цвет продукта.*

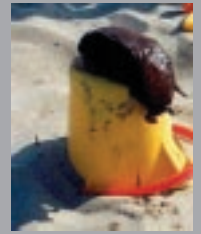
А.В.РАЗУЛЕВИЧ, Москва: *Если вы подозреваете, что продавцы добавляют в мед муку или крахмал, проще всего уличить их с помощью реакции окрашивания йода в синий цвет.*

В.А.ГРИГОРЬЕВУ, Орел: *Лекарственные средства, включенные в фармакопею, называют не официальными, а официальными, от лат officina — аптека.*

ВСЕМ, кто хотел бы опубликовать свою информацию на нашей «Доске объявлений»: *Господа, в тексте объявления не забывайте, пожалуйста, сообщать, как вас найти, дайте, например, телефон, электронный или почтовый адреса; координаты для связи — не то, что следует скрывать от потенциальных клиентов!*

Ф.Т., вопрос из Интернета: *Уничтожение запаха от обуви, помеченной котом, — именно тот случай, когда химии трудно победить жизнь; неплохие результаты дает вымачивание обуви в тазу с раствором хлорсодержащего моющего средства (отбеливателя, чистящего порошка), но сперва, конечно, надо убедиться, что это средство не повредит обувь, а по окончании процесса обувь тщательно промыть.*

# Упрощенная МОДЕЛЬ МОЗГА



**В**се мы вышли из моря и до сих пор не можем с ним расстаться. К морю стремятся люди, когда хотят отдохнуть от земных забот, к морю же обращают взор ученые в поисках достойного объекта для исследования чего-нибудь очень сложного, например мозга млекопитающего. Но больше, чем умные дельфины, исследователей мозга привлекают морские моллюски.

Мозг человека и других млекопитающих невероятно сложен. Его составляют миллиарды нервных клеток, объединенных триллионами связей. Единственная возможность постичь работу столь сложной системы состоит в том, чтобы исследовать аналогичные простые системы. Лучше всего для таких исследований подходят примитивные беспозвоночные. Их нервная система содержит всего от десяти до ста тысяч клеток, но при этом беспозвоночные совершают довольно сложные действия, умеют учиться, помнить и забывать. Такое удобное сочетание малого числа клеток и сложного поведения позволяет связать функцию отдельных нейронов с конкретными действиями животного. Одним из излюбленных объектов нейробиологов стал морской моллюск аплизия.

Аплизия обитает в теплых морях. Это довольно крупное беспозвоночное, имеющее 25 см в длину и 400 граммов живого веса. Как и все брюхоногие, аплизия обладает хорошо развитым мускулистым органом — ногой. С помощью этой ноги аплизия ползает по дну, плавает (при этом края ноги развешиваются, как плавники ската) и даже присасывается к твердой поверхности, хотя настоящей присоски не имеет. Аплизия — травоядное животное и ест очень много, отчего и получила свое обиходное название: морской заяц. Пищу она заглатывает целиком, как змея, а размельчает уже внутри себя. Окраска моллюсков на заячью не похожа — они очень яркие, фиолетовые или охряные с белыми пятнами. Аплизия — гермафродит, оплодотворение у нее внутреннее. Иногда можно увидеть цепочку копулирующих улиток, в которой бывает до дюжины особей. Это знаменательное событие происходит на втором году жизни аплизий, и вскоре после этого они умирают. Остаются яйца, из которых в положенный срок выходит оснащенная ресничками плавучая личинка. Постепенно она образует раковинку, ногу, глаза и щупальца, опускается на дно и становится настоящим моллюском.

Некоторые ученые считают, что брюхоногий моллюск — это фактически не одно, а два животных. Ногу вместе с головой можно рассматривать как мышечное животное, на переднем конце которого расположены основные органы чувств. В этой мотулей мышце передвигается висцеральное животное, то есть



### ЖЕРТВА НАУКИ

мешок с сердцем, органами пищеварения, выделения и размножения. У физиологов эти половинки выступают как разные объекты исследования. На мышечной аплизии удобно изучать механизмы циркадианных ритмов. Моллюски подвижны днем и неактивны ночью. Ученые установили, что ритм суточной активности задают клетки в глазах аплизии, и теперь могут владеть анализировать ответственные за биоритм молекулярные механизмы.

Аплизия висцеральная — это и есть мечта нейробиолога, упрощенная модель мозга. Всеми органами висцерального мешка управляет один-единственный нервный ганглий (группа клеток) — брюшной, он же абдоминальный. Абдоминальный ганглий удобен тем, что в нем строго определенное и довольно небольшое число клеток. Все нейроны различаются по величине, положению, форме, окраске, по характеру импульсации и химическим веществам, посредством которых они передают информацию другим клеткам. Благодаря этим различиям любую клетку можно узнать «в лицо». Каждый нейрон абдоминального ганглия имеет свое имя, состоящее из буквы и цифры, например R15 или L1 (R означает правый, а L — левый).

Нейроны аплизии крупные — в них можно втыкать электроды, их удобно рассматривать под микроскопом. Каждый нейрон инвариантен, то есть он всегда выполняет одну и ту же функ-

цию, какую бы аплизию вы ни взяли, и связан строго определенным образом с другими клетками ганглия. Благодаря всем этим замечательным свойствам абдоминальных нейронов ученые смогли составлять из них «монтажные схемы» разных нейронных цепей, регулирующих поведение. Применительно к аплизии термин «поведение» обозначает питание, движение, реакции избегания и защиты. Первый факт, полученный в этих исследованиях, состоит в том, что отдельные клетки осуществляют над поведением специфичный и часто паразитерно мощный контроль. Так, ритм сердечных сокращений аплизии определяют всего четыре клетки: две клетки возбуждают сердце, а две тормозят его. Один из нейронов оказался клеткой двойного действия — он учащает ритм сердца и увеличивает объем выталкиваемой им крови, возбуждая главную клетку, возбуждающую сердце, и одновременно тормозя клетки, тормозящие сердце, а также клетки, вызывающие сужение крупных кровеносных сосудов. Существует, стало быть, иерархия регуляторных влияний, и обнаружить ее можно только в простейших цепях из нескольких нейронов.

Почему же четыре клетки справляются с работой, которую у человека выполняют несколько тысяч нейронов? Почему существуют клетки двойного и множественного действия? Потому, что некоторые нейроны могут синтезиро-

вать несколько нейромедиаторов, а один и тот же нейромедиатор может по-разному действовать на соседнюю клетку в зависимости от того, на какой из ее рецепторов он попадет. Это обнаружила группа американских ученых под руководством Э.Кэндела (E.Kandel), изучая крупные клетки абдоминального ганглия.

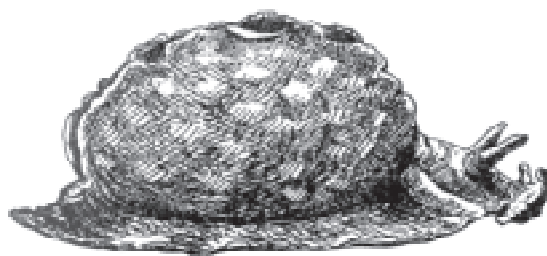
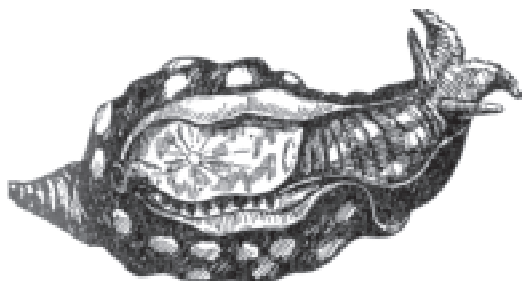
Когда появилась возможность наблюдать на клеточном уровне явления, происходящие в сложнейшей нервной системе высших животных, исследователи, естественно, нацелились на вершину нервной деятельности — обучение. Оказывается, и морского зайца можно чему-то научить. Если, например, на отверстие сифона аплизии направить струю воды, она в испуге вытягивает и сифон, и жабру. Но после нескольких повторений моллюск усваивает, что никакая опасность ему не грозит, и почти не реагирует на раздражение. При достаточном числе повторений пониженная реакция сохраняется в течение нескольких недель, то есть у аплизии есть и кратковременная, и долговременная память. Но где же находится память у безмозглого моллюска? Оказалось, внутри чувствительных (сенсорных) нейронов.

При привыкании изменяется сила связи чувствительных нейронов со следующими за ними двигательными нейронами. Пресинаптические окончания чувствительных нейронов с каждым разом выделяют все меньше медиатора, а количество медиатора зависит от кальциевого тока — числа поступающих в окончания ионов кальция. Долговременное привыкание вызывает более продолжительные и существенные изменения, чем кратковременное, но механизм возникновения у них один и тот же. Так что научение и память — это изменение тока кальция.

Получить такой результат на мозге человека практически невозможно, не говоря уже о неэтичности подобных экспериментов. А простое брюхоногое дает ученым возможность точно локализовать и наблюдать на клеточном уровне элементарные механизмы памяти и обучения, из которых в конечном счете складывается умственная деятельность высших животных. Осталось лишь выяснить, в какой степени высшие формы мышления можно объяснить с помощью таких упрощенных моделей.

Кандидат биологических наук

**Н.Резник**





Международный Союз  
выставок и ярмарок



8 - 12 сентября 2003 г.

# ХИМИЯ

12-я международная выставка  
химической промышленности

# '2003

**Организатор:**

ЗАО "Экспоцентр"  
при содействии ЗАО "Росхимнефть"

**Официальная поддержка:**

Министерство промышленности,  
науки и технологий РФ  
Министерство экономического  
развития и торговли РФ  
Правительство Москвы  
Российский союз химиков

Россия, Москва, Выставочный комплекс  
ЗАО "Экспоцентр" на Красной Пресне



## ЭКСПОЦЕНТР

123 100, Москва, Краснопресненская наб., 14. ЗАО "Экспоцентр"  
Телефон: (095) 255 37 39. Факс: (095) 205 60 55  
E-mail: [mir@expocentr.ru](mailto:mir@expocentr.ru)