



7  
2001

# ХИМИЯ И ЖИЗНЬ









7-8

Химия и жизнь—XXI век  
Ежемесячный  
научно-популярный  
журнал

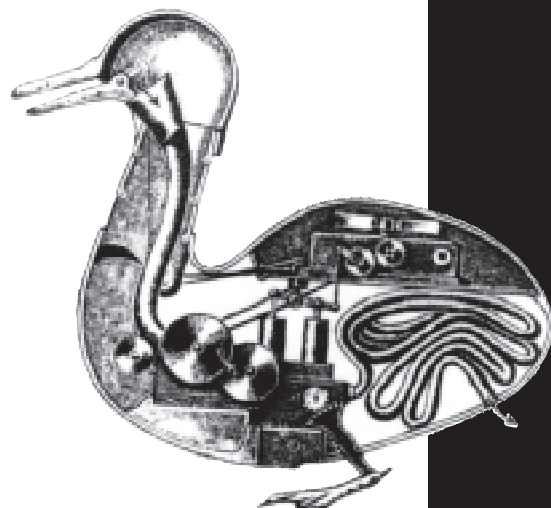
2001

*У биолога родились два сына.  
Одного он крестил,  
а второго оставил  
для контроля.  
Анекдот*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Астрина  
к статье «Время, развитие, человек»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Николя Фромана «Неопалимая купина».  
Огонь и его проявления всегда вызывали в людях  
либо священный трепет, либо ощущения,  
несовместимые с жизнью. Но есть существа,  
которым огонь необходим для продолжения  
рода. Об этом читайте в статье  
«Пирофиты — растения огня»*







**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

**Зав. редакцией**  
 Е.А.Горина

**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**  
 Т.Б.Пичугина, Н.В.Коханович  
 textmaster@informnauka.ru

Подписано в печать 29.06.2001  
 Допечатный процесс ООО «Марк Принт энд Паблшер», тел.: (095) 924-96-88  
 Отпечатано в типографии «Финтрекс»

**Адрес редакции**  
 107005 Москва, Лефортовский пер., 8

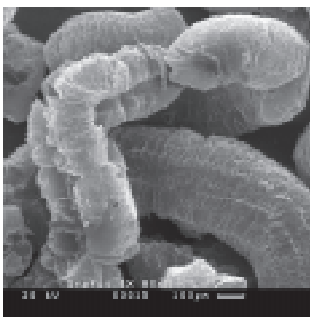
**Телефон для справок:**  
 (095) 267-54-18,  
**e-mail:** chelife@informnauka.ru

Ищите нас в Интернет по адресам:  
<http://www.chem.msu.su:8081/rus/journals/chelife/welcome.html>;  
<http://www.aha.ru/~hj/>;  
<http://www.informnauka.ru>

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

**Подписные индексы:**  
 в каталоге «Роспечать» — 72231 и 72232  
 в Объединенном каталоге  
 «Вся пресса» — 88763 и 88764

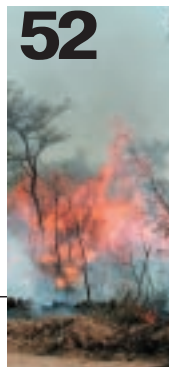
© Издательство  
 научно-популярной литературы  
 «Химия и жизнь»



**8**

На глазах исследователей таблетка углерода стала расти, и довольно быстро ее толщина увеличилась с одного миллиметра до тридцати сантиметров! Когда же таблетку нагрели, эффект усилился в три раза — длина получившейся змейки достигла одного метра.

**52**



**Химия и жизнь — XXI век**

Неожиданно вокруг куста появляется странное голубое пламя. А само растение — диктамнус — не горит! Человек несведущий может запросто принять это за чудо. Но только не химик.

### ИНФОРМНАУКА

ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ — ВЕСТНИКИ ОПАСНОСТИ .....	4
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА СОЛЕНОЙ ВОДЕ .....	4
КАК ПОСТАРЕТЬ НА 10 ЛЕТ ЗА 140 ЧАСОВ .....	5
ИНФАРКТ МИОКАРДА И СПЯЩИЕ СУСЛИКИ .....	5
ДИАГНОСТИКА РАКА ПО АНАЛИЗУ МОЧИ .....	6
МАКАКИ ЗА КОМПЬЮТЕРОМ .....	6
ФОРМУЛА ЖИЗНИ .....	7

### НОУ-ХАУ

<b>С.М.Комаров</b> ПУТЬ К УПРУГОМУ ГРАФИТУ .....	8
---	---

### ПОРТРЕТЫ

<b>Е.В.Раменский</b> МОЩНОЕ ДРЕВО КОЛЬЦОВА. МОСКОВСКИЕ КОРНИ БИОЛОГИИ XXI ВЕКА .....	16
--	----

### КОММЕНТАРИЙ

<b>И.А.Захаров</b> ПЕРВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДЕТИ .....	22
--	----

### ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ НА ТРОПЕ ВОЙНЫ С СОРНЯКАМИ .....	24
---	----

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>Н.Н.Воронцов</b> ВРЕМЯ, РАЗВИТИЕ, ЧЕЛОВЕК .....	28
---	----

### УРОБОРОС

<b>С.А.Бесланеева</b> НОВЫЙ ОТРЯД МЛЕКОПИТАЮЩИХ — РИНОГРАДЕНЦИИ .....	34
--	----

### ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

<b>В.Л.Мишин</b> ЛАСТОНОГИЕ В ТЕАТРЕ ДРАМЫ И КОМЕДИИ .....	38
---	----

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

<b>И.К.Ларин</b> ХИМИЯ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА .....	46
---	----

### ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

<b>М.Т.Мазуренко</b> ПИРОФИТЫ — РАСТЕНИЯ ОГНЯ .....	52
<b>С.Анофелес</b> БЛАГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА .....	55

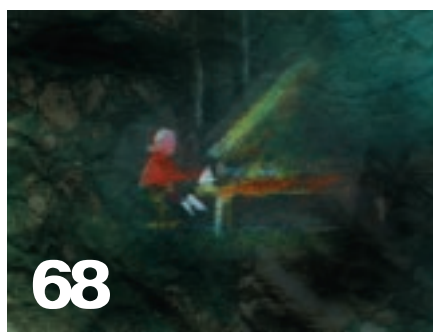
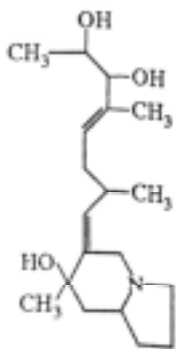


# 65

Один из самых известных животных ядов —

тетродотоксин.

Он содержится в коже и яйцах некоторых жаб, в яйцах калифорнийского тритона, в слюнных железах осьминога. Однако самую большую известность ему принесла рыба фугу, у которой яд содержится в яичниках и печени.



# 68

Сальери не убивал Моцарта! Здесь мы имеем дело с уникальной ситуацией, когда искусство на протяжении уже нескольких поколений разрушает репутацию и доброе имя не в чем не повинного человека, вдобавок выдающегося артиста и музыкального деятеля.

# В номере

## 4

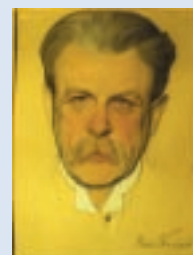
### ИНФОРМАУКА

О звездных дождях — предвестниках космических аггрессоров, электростанции на соленой воде, диагностике рака по анализу мочи и формуле жизни.

## 16

### ПОРТРЕТЫ

Рассказ о выдающемся биологе XX века, авторе матричной гипотезы, 75-летие которой будут отмечать биологи всего мира в 2002 году.



## 22

### КОММЕНТАРИЙ

Сенсационное сообщение о рождении в США первых генетически модифицированных детей комментирует член-корреспондент РАН И.А.Захаров.

## 46

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Как будет меняться климат в XXI веке? Межправительственный комитет по изменениям климата рассматривает три сценария.

### ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ

**А.В.Кулик**

ГЛИНЫЙ ВОЙЛОК ..... 56

**М.Диев**

ТОПОЛЯ ..... 57

### ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

**А.С.Садовский**

ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ РАСТЕНИЙ И НАСЕКОМЫХ:  
ПИРРОЛИЗИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ ..... 58

### РАССЛЕДОВАНИЕ

**И.А.Леенсон**

МАША И БРОМТОЛУОЛ ..... 62

### САМОЕ-САМОЕ В ХИМИИ

**И.А.Леенсон**

ЯДЫ И ТОКСИНЫ ..... 64

### РАССЛЕДОВАНИЕ

**Б.Кушнер**

МОЦАРТ И САЛЬЕРИ... ОПЯТЬ?! ..... 69

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

**А.В.Шмалько**

КТО ТАКИЕ ФАНТАСТЫ ..... 78

### ФАНТАСТИКА

**В.Пузий**

ПОЧТАЛЬОН В ВОЛШЕБНОЙ ДОЛИНЕ ..... 82

### КНИГИ

**Л.Каховский**

ФЕРМА, УАЙЛС И ЕДИНСТВО МАТЕМАТИКИ ..... 90

### ЭКОЛОГИЯ

**В.Батраков**

ТРИДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ ..... 92

НОВОСТИ НАУКИ ..... 14

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ ..... 44

ИНФОРМАЦИЯ ..... 21, 89, 93

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ ..... 94

ПИШУТ, ЧТО... ..... 94

ПЕРЕПИСКА ..... 96



## Падающие звезды — вестники опасности



*Когда падают звезды, мы торопимся загадать желание. А харьковские физики — снять характеристики метеорного потока. По их мнению, звездные дожди предвещают о возможном столкновении Земли с космическим киллером, правда небольшого размера. Но и небольшой небесный камень диаметром 1 км может натворить немало бед на Земле.*

До сих пор основными кандидатами на роль возможных космических агрессоров считались малые планеты группы Атона, Аполлона и Амура, так называемые ААА-астероиды, орбиты которых пересекаются с орбитой Земли. Украинские ученые пришли к выводу, что серьезную угрозу могут представлять также астероиды другого типа — родительские тела тех метеорных потоков, которые появляются на нашем небе в виде падающих звезд. Когда-то каждый из этих астероидов был самостоятельным телом. Но, постепенно разрушаясь под ударами космических частиц, они породили целую популяцию осколков разных размеров, которые шлейфом вращаются с ними по одним и тем же или близким орбитам.

В результате многолетних круглосуточных наблюдений ученые Харьковского технического университета радиоэлектроники с помощью уникальной метеорной автоматической радиолокационной системы (МАРС) выявили 5160 метеорных потоков, периодически сближающихся с нашей планетой. Для каждого потока исследователи определили его характеристики и занесли в базу данных крупнейшего в мире Харьковского банка элементов орбит метеорных тел. Есть сре-

ди них старые, которые уже замкнулись в сплошной тор, и их можно наблюдать с Земли два раза в год. А есть молодые, которые видны один раз в несколько лет. А всего в банке данных хранятся сведения о более четверти миллиона орбит метеоров разного типа, что в 5–6 раз больше, чем во всех остальных вместе взятых опубликованных каталогах. Возможно, именно здесь уже содержится информация о еще не распознанном космическом киллере.

Однако среди тысяч метеорных потоков родительские тела обнаружены пока только у нескольких десятков. Типичный пример — известные с древнейших времен Геминиды, которые ежегодно расцвечивают ночное небо нашей планеты дождем падающих звезд. Регулярные наблюдения этого потока начались в XVI веке, его орбита вычислена во второй половине XIX, а родительское тело открыто совсем недавно, в конце XX.

Исследование орбит метеорных потоков дает возможность выявить множество астероидов, вероятность открытия которых традиционными оптическими методами очень мала. А ведь большая часть этих объектов имеет размеры около 1 километра. Такие небесные камни могут натворить немало бед на Земле, поэтому нельзя их оставлять в стороне при оценке космической опасности.

Как показали расчеты харьковчан, около четырех с половиной тысяч родительских тел метеорных потоков имеют шансы столкнуться с Землей. Правда, поскольку ученые еще не придумали, каким образом можно определить координаты родительского тела на орбите метеорного роя, их оценки опираются на предположение, что оно находится в середине роя, а орбита не претерпевает сильных возмущений. Но даже если считать, что у какой-то части наблюдаемых потоков «родители» уже полностью разрушились, вероятность столкновения астероидов такого типа с нашей планетой в сотни раз больше, чем у известных в настоящее время ААА-астероидов.

Ученые Харьковского технического университета радиоэлектроники в сотрудничестве со специалистами Радиоастрономического института НАН Украины планируют продолжить исследования с помощью радиотелескопа миллиметровых волн РТ-70, который расположен под

Евпаторией. Предполагается, что именно с его помощью можно будет находить родительские тела в облаке их осколков.

## Электростанция на соленой воде

*Ученые из Института проблем морских технологий ДВО РАН (Владивосток) разработали установку, в которой получают электроэнергию, перемешивая пресную и соленую воду. Такая установка может работать в устье рек, впадающих в океан, и обслуживать небольшие прибрежные города.*

Давно известно, что, смешивая соленую и пресную воду, можно получить значительную энергию, которую затем несложно преобразовать в электрическую. Проблема в том, как осуществить это на практике. Экспериментальные электростанции, которые используют потенциал энергии, заложенный в пресной и соленой воде, создают и испытывают в Швеции, США, Израиле. В России подобную установку разработали впервые в Приморье. Принцип работы ее очень прост и описан в любом школьном учебнике по химии. Емкость разделяют на две части пористой перегородкой, пропускающей только молекулы воды: в одну половину наливают пресную воду, в другую — соленую. Вода из «пресного» отсека через мембрану начинает проникать в отсек «соленый», стремясь уравнять концентрацию солей. Как использовать это свойство жидкостей, зависит от изобретательности. Самое простое устройство может работать так: молекулы пресной воды проникают сквозь перегородку и увеличивают давление в отсеке с соленой водой. Соленая вода под давлением поднимается вверх и совершает полезную работу.

«Мы полагаем, что есть более перспективный способ добычи энергии из соленой воды — это электродиализ», — рассказывает разработчик установки Валерий Княжев. Ученые взяли мембраны, которые фильтруют либо катионы, либо анионы, и скрепили их поочередно. Получился «слоеный пирог», в промежутки которого закачивают, также поочередно, пресную и соленую воду. И поскольку перегородки пропускают ионы только определенного знака, то скоро в отсеках с пресной водой скапливаются анионы и





катионы из соляного раствора, в сумме образуя некоторый заряд. Так образуется разность потенциалов, которая дает электрический ток. Экспериментаторы на своей установке получали 3–4 вольта, в пересчете на один кубометр пресной воды — 0,15 киловатт-час электроэнергии, а теоретически возможно и 0,7 киловатт-часа. Этого хватит, чтобы погладить рубашку или поработать час на ноутбуке.

Экспериментальная установка, всего полметра в высоту, проработала три сезона на Морской базе института на острове Попова недалеко от Владивостока. «Пока такие электростанции нигде в промышленности не применяют: их экономические показатели невысоки, но мы будем совершенствовать этот способ, ведь он экологически чистый», — объясняет В.Княжев. Электростанции на соленой воде выгодны для приморских районов, где их можно установить в устьях рек, впадающих в океан. Вода, прошедшая через электростанцию, остается чистой, и ее сбрасывают в реку.

## Как постареть на 10 лет за 140 часов



*В то время как все человечество мечтает замедлить старение, ученые из НИИ ядерной физики Московского государственного университета озабочены другой проблемой — как его ускорить. Правда, стареть заставляют не людей, а материалы, а еще точнее — пластмассы.*

В НИИ ядерной физики им. Д.В.Скобельцына МГУ им. М.В.Ломоносова опробовали метод искусственного старения с помощью рентгеновских лучей. Основное его достоинство заключается в том, что с помощью созданной технологии можно состарить материал точно на заданное время. Проблема эта не умозрительная, а исключительно важная для практика. Мы окружены синтетическими, конструкционными и композиционными материалами,

и для нас с вами не безразлично, когда выйдет из строя мост или рухнет дом. Современные конструкторы, проектируя то или иное изделие, должны точно знать, сколь долго прослужит материал в тех или иных условиях.

Полимеры постоянно разрушаются под воздействием тепла, света, земной радиации, космического излучения, агрессивных веществ (кислот, щелочей, озона и многих других), растений, микробов. Для каждого случая существует свой набор факторов. Например, производителю прокладок для автомобильных двигателей необходимо точно знать их срок службы при воздействии масла, бензина, воды, горячего выхлопа, при нагреве, трении и деформациях. Если прокладки испытывать в режиме реального времени, то испытания затянутся на годы.

Старение материала — это всего лишь процесс химического разрушения молекул под влиянием активных частиц: радикалов, ионов, неустойчивых молекул. При эксплуатации любые внешние воздействия на материал дают один результат — порождают в его толще активные частицы, которые затем и выполняют разрушительную работу. И здесь уже не важно, как эти частицы появились, — старение происходит одинаково.

Оказалось, что быстрее всего вызывает этот процесс рентген. Его источником может служить вакуумная рентгеновская трубка с напряжением 45 киловольт, как в цветном телевизоре, или радиоактивный источник. Причем мощность излучения и концентрация возникающих активных частиц связаны между собой простой зависимостью, поэтому можно точно определять время, на которое состарился испытываемый материал.

Для испытаний берут пленки или фрагменты изделий толщиной не более 5 мм, так как при большей толщине невозможно состарить материал за разумный срок. Можно состарить образец до потери его работоспособности и подсчитать реальное время, за которое материал придет в негодность. Но можно состарить и на то время, которое зададут конструкторы, а потом посмотреть, как изменятся свойства материала. Например, при старении полимерного покрытия толщиной 1 мм на срок в 10 лет реальное время составило 140 часов, то есть время «ускорилося» в 660 раз.

Описанный метод применяли во ВНИИ-ГАЗе для прогнозирования срока службы импортных антикоррозионных изоляционных лент и покрытий трубопроводов. Впрочем, областей, где необходи-

мы исследования пластмасс на долговечность и стойкость к окружающей среде, очень много: это и строительство, и упаковка пищевых продуктов, и контроль безопасности полимерной продукции.

Интересно, что радиационно-иницированное старение можно использовать и как технологический процесс там, где как раз необходимо быстро состарить материал. Этим способом можно состарить древесину, чтобы потом из нее делать музыкальные инструменты. А можно применять радиационное старение в прикладной истории, археологии и палеонтологии, чтобы определять время создания пред-

## Инфаркт миокарда и спящие суслики

*Кто бы мог подумать, что обыкновенный суслик поможет ученым разгадать одну из физиологических причин инфаркта миокарда у людей. А все дело в том, что суслики впадают в спячку и в это время в их организме происходит нечто подобное процессам, предвещающим инфаркт у человека. По мнению ученых из Пушчинского института теоретической и экспериментальной биофизики РАН, в некоторых случаях сердечная мышца разрывается из-за того, что один вид белков, составляющих «скелет» мышцы, заменяется на похожий, но меньший по размеру. В результате мышца теряет эластичность и прочность. Точь-в-точь как у сусликов. С той лишь разницей, что у зверьков этот процесс обратим и не завершается инфарктом, а у людей — уши, нет. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.*



Когда животное погружается в спячку, его мышцы полностью перестают работать: зверек спит и не двигается. Даже у сердечной мышцы сокращения значительно замедляются. Частота ударов сердца падает от 180–240 ударов в минуту до 4–20. За счет чего это происходит? Пока науке это неизвестно, однако кое-что все-таки известно. Чтобы зверь, тот же суслик, мог погрузиться в долгий зимний сон, его организм должен перейти в новое физиологическое состояние, а для этого требуется синтезировать специальные белки.

Известно, например, что во время спячки в организме животного появляются новые формы миозина — одного из основных белков, обеспечивающих движение мышц млекопитающего, в том числе и человека. А недавно был открыт еще один белок, входящий в состав мышц, — тайтин. Он выделяется среди прочих своими гигантскими размерами: длина его молекулы составляет одну тысячную миллиметра. Видимо, тайтин выполняет роль внутриклеточного каркаса, стабилизирует ее структуру клеток, которые обеспечивают сокращение мышц. Именно от физико-химических характеристик этого белка и зависят механические свойства мускулов.

Пушчинские ученые обнаружили, что тайтин, извлеченный из мышц спящего суслика, несколько отличается по структуре от тайтина активного животного — он легче и короче. Предварительные работы других исследователей показали, что клетки мышц, содержащие короткий тайтин, становятся более жесткими. Видимо, поэтому у спящего зверька мышцы не столь эластичны и не могут сокращаться так быстро, как раньше. В результате пульс у животных очень маленький.

Изменения в клетках человеческого сердца на начальных стадиях заболевания миокарда очень похожи на то, что происходит, когда суслик впадает в спячку. При некоторых видах сердечной недостаточности в миокарде человека можно найти короткие тайтиновые молекулы. Беда в том, что тайтин не просто уменьшает эластичность мышц, он еще и снижает их устойчивость к повреждениям, необходимую для нормальных сокращений. Итог печален — разрыв сердечной мышцы.

Исследования в этой области еще не закончены. Однако ученые возлагают на них большие надежды. Возможно, результаты дальнейших исследований сусликов подскажут ученым, когда изменения в клетках миокарда человека становятся необратимыми и что провоцируют эти изменения. Ведь в отличие от человека, которому угрожает инфаркт миокарда, суслик, засыпая осенью, точно знает, что весной он проснется, если его, конечно, не съедят.

## Диагностика рака по анализу мочи

*Чем проще диагностика, тем больше шансов вовремя обнаружить болезнь. Российские медики из НИИ канцерогенеза РОНЦ РАМН разрабатывают метод ранней диагностики опухолей по анализу мочи.*

Обнаружить рак на ранней стадии довольно сложно, причем методы диагностики болезненны и трудоемки. С такими же проблемами сталкиваются врачи и пациенты в тех случаях, когда надо наблюдать за ростом опухоли. Ученые из РОНЦ им. Н.Н.Блохина и Медико-генетического центра РАМН (Москва) в сотрудничестве с нашими людьми, работающими в американской фирме DIAGEN Corp., разрабатывают безболезненный метод ранней диагностики опухолей на основании анализа ДНК, содержащейся в моче. Ученые показали, что в принципе это возможно, и сейчас повышают чувствительность метода.

Прежде чем здоровая клетка станет опухолевой, она накапливает большое число мутаций в определенных генах (онкогенах). Клетки со многими мутациями в онкогенах часто гибнут, разрушаются, и небольшие фрагменты их ДНК попадают в мочу. Эти фрагменты можно выделить и посмотреть, есть ли среди них осколки мутантных онкогенов, повинных в развитии опухоли. Если есть, значит, человек, сдавший мочу, болен раком.

Ученые исследовали возможности метода на моче пациентов с опухолью прямой и толстой кишки. Накануне операции 15 больных, проходивших лечение в отделении проктологии НИИ клинической онкологии РОНЦ РАМН, сдавали по 25–50 мл свежей мочи. А во время операции ученые брали фрагменты опухолевой ткани и окружающей ее нормальной слизистой кишечника. Из всех образцов выделяли ДНК и с помощью полимеразной цепной реакции вылавливали мутантный ген, повинный в развитии злокачественной опухоли. ДНК из здоровой ткани служила контролем. Абсолютного успеха медики не достигли, поскольку искомым мутацию удалось обнаружить примерно у половины тех больных, у которых она вообще была. Однако это исследование доказало, что в принципе возможно выявлять растущую в организме опухоль с помощью анализа ДНК в моче. Теперь ученым предстоит потрудиться над увеличением чувствительности и надежности метода.

Медики имеют основание надеяться на успех, поскольку в других случаях метод оказался очень эффективным. Так, он позволяет обнаружить фрагменты ДНК, специфичные для «мужской» Y-хромосо-

мы, в моче женщин, которым переливали кровь доноров-мужчин, а также у беременных женщин, вынашивающих плод мужского пола.

Но почему исследователи проявляют такой интерес именно к моче, хотя ДНК проще выделять из плазмы или сыворотки крови? Во-первых, потому, что сдавать кровь из вены небезопасно — можно и заразиться чем-нибудь. Во-вторых, в моче, в отличие от крови, мало белков, которые мешают выделению ДНК и манипуляциям с ней. И наконец, материала для исследования можно получить сколько угодно.

## Макаки за компьютером

*Если посадить макаку за компьютер, то ее можно научить многому. Например, выбирать на экране фигуру, соответствующую образцу, и усвоить восемь букв-символов для обозначения геометрических фигур разной формы и размеров. Исследование поддержано грантом РФФИ.*

И.П.Павлов считал наличие «второй сигнальной системы», то есть языка, исключительной привилегией человека. Современные исследователи полагают, что зачатками языка в некоторой степени обладают и животные. В течение многих лет ученые в разных странах работали с человекообразными обезьянами, главным образом с шимпанзе, пытаясь научить их тем или иным видам языка. Результаты исследований показали, что человекообразные приматы способны усвоить, каким образом предметы и понятия кодируются определенными символами — будь то жесты, слова или фигурки. А эта способность к символизации — основное условие формирования языка.

Ученые из Института физиологии имени И.П.Павлова в Санкт-Петербурге работали не с человекообразными обезьянами, а с макаками резусами. Они решили определить, в какой степени макаки способны к символизации, используя метод диалога с компьютером. На экране животным демонстрировали различные фигуры и клавиши для нажатия.

В ходе предварительной тренировки обезьян учили следовать за фигурами рукой при их перемещении по экрану. Затем им давали первую задачу. В верхней части экрана появлялась фигура-образец, а в нижней части — две фигуры, одна из которых была такой же, как образец, а вторая — другой. Обезьяна нажатием клавиш должна была подобрать пару к образцу. При правильном выборе фигуры она получала поощрение — оре-





## Формула жизни

*Поверить алгеброй гармонию удалось новой синтетической науке экоматермике, которую основал профессор В.Бурдаков из Московского государственного авиационного института. С помощью простого математического соотношения она дает точный ответ на вопрос, что нужно делать, чтобы максимально продлить жизнь и повысить эффективность общественного устройства.*

термики старость — это результат разбалансированности ФКС, что в принципе поправимо. Для этого базовым потребностям следует уделять время, пропорциональное идеальному соотношению. Так, в зрелом возрасте на энергетические процедуры (сон, отдых, прием пищи) следует отводить 9 часов, на удовлетворение транспортных потребностей (поездки, покупки, ходьбу пешком) — 6,5 часов, на получение информации — 1,5 часа. Мы сильно перебираем с трудовой деятельностью — она должна составлять чуть больше трех часов в сутки. Зато вдвое меньше необходимого времени уделяем своей безопасности, в которую включены туалет, гигиенические процедуры, гимнастика, уборка квартиры и т.д. В.Бурдаков уверен, что стариков очень легко обеспечить оптимальными условиями жизни. Для этого они должны работать три часа в день и получать за это деньги, ведь в остальном у них есть возможность правильно планировать свой день. По отклонениям от идеальных соотношений (не только временным) можно рассчитать коэффициент эффективности жизни. Он тесно связан с продолжительностью жизни и в среднем составляет для России 50%, для США — 74%, для Японии — 78%.

Кстати, машины, совершенствуемые человеком в течение столетий (например, карманные часы), равно как и различные статьи бюджета в устоявшихся благополучных общественных системах, в точности отвечают эталонным ФКС. В.Бурдаков считает, что в соответствии с ФКС следует строить социально-экономическую политику государства, а также планировать расходные статьи бюджета. Например, деньги следует платить следующим образом: сначала тем, кто обеспечивает энергетическое благополучие страны, затем транспортникам, службам безопасности, производителям и, наконец, работникам информационной сферы, куда ученый поместил управленцев, финансистов, связистов, работников СМИ, деятелей образования, науки и культуры. В этом случае Президент страны должен получать зарплату последним.

Кстати, предложенное В.Бурдаковым эталонное соотношение пяти базовых потребностей сильно напоминает ряд Фибоначчи, в котором каждое последующее число равно сумме двух предыдущих, и логарифмический закон при основании логарифма 5. А кроме того, у этого соотношения есть связь и с золотым сечением, которое приблизительно может быть выражено дробями 2/3, 3/5, 5/8 и т.д., ведь цифры 2, 3, 5, 8, 13, 21... как раз и образуют ряд Фибоначчи. Ученый утверждает, что ряд Фибоначчи, а также золотое сечение и число 5 имеют первостепенное значение во многих жизненных процессах.

хи или печенье. После того как животные достигали 80% правильных ответов на одной паре фигур, экспериментаторы переходили к следующей паре. С каждой следующей парой обезьяны справлялись быстрее, чем с предыдущей, — они усвоили правило «выбора по образцу» и переносили его на новые фигуры.

В следующей задаче макакам показывали треугольники и квадраты, причем появление квадрата подкрепляли нажатием клавиши с буквой «Q», а треугольник соответствовал клавише с буквой «Т». Когда обезьяна это усваивала, ей показывали фигуры разного размера: большой размер обозначали буквой «Е», а маленький — буквой «В». Таким образом, когда обезьяна, например, видела маленький треугольник, она должна была нажать клавиши «ТВ», а когда она видела большой квадрат — клавиши «QE». После полугодичного перерыва исследователи провели вторую серию экспериментов: среди фигур появились эллипс, звезда, круг и ромб с соответствующими им клавишами.

Потребовалось довольно большое число попыток, чтобы все три макаки обучились связывать фигуры и их размеры с соответствующими символами — буквами. Интересно, что одна обезьяна при описании размера фигур упорно нажимала клавиши с точностью наоборот. Экспериментаторы решили не перечислять ее, а приняли ее собственный «язык». Но тем не менее все животные научились применять восемь знаков для описания геометрической формы и размера фигур. Это говорит о том, что макаки оказались способны к символизации — обозначению фигур буквами-символами. Кроме того, они смогли усвоить обобщенное понятие «большой-малый» и осознать, что это понятие также может быть закодировано в символах.

Эксперименты с обучением языку человекообразных обезьян опровергли мнение о непреодолимой пропасти между их психикой и психикой человека. Исследования российских ученых показали, что какие-то элементы языковых навыков доступны не только человекообразным, но и другим обезьянам.

Доктор технических наук В.Бурдаков основал новую науку экоматермику, которая сочетает достижения экономики, математики и термодинамики. Он считает, что с помощью этой новой синтетической науки (кстати, всего, по данным ЮНЕСКО, зарегистрировано около 1000 научных дисциплин) можно не только проникнуть в тайны старения и упорядочить социально-экономическую политику государства, но и постичь основы бытия.

Экоматермика постулирует, что для любых совершенных организмов (представителей живой природы, машин, общественных и социальных образований, а также детища кибернетики и бионики) соотношения между их основными потребностями, необходимыми для существования, универсальны. Эти потребности можно разделить на пять базовых: энергетическая (Э), транспортная (Т), потребность в безопасности (Б), производственная, то есть потребность в деятельности, работе (П), и информационная (И). На удовлетворение каждой из этих потребностей расходуются различные ресурсы: материалы, время, объем, площадь, финансовые затраты и другие. Если тщательно проанализировать все эти расходы, то можно для любого из перечисленных совершенных организмов найти соотношение между пятью базовыми потребностями, сравнить его с эталонным и по степени отклонения делать выводы. Но что считать эталоном, идеальным соотношением?

За эталон последователи экоматермики приняли соотношение базовых потребностей для человека — самого совершенного организма. Приняв сумму пяти потребностей за 100%, ученые, используя экоматермический анализ, рассчитали, какая доля приходится на каждую. В результате эталонное соотношение, которое ученые называют фрактально-кластерным соотношением (ФКС), выглядит следующим образом: И(6%) + П(13%) + Б(16%) + Т(27%) + Э(38%) = 100%.

Ученый считает найденное соотношение универсальным, поэтому с его помощью можно повысить эффективность общественного устройства, сделать полноценной жизнь каждого из граждан и продлить ее. Ведь с точки зрения экоматермики старость — это результат разбалансированности ФКС, что в принципе поправимо. Для этого базовым потребностям следует уделять время, пропорциональное идеальному соотношению. Так, в зрелом возрасте на энергетические процедуры (сон, отдых, прием пищи) следует отводить 9 часов, на удовлетворение транспортных потребностей (поездки, покупки, ходьбу пешком) — 6,5 часов, на получение информации — 1,5 часа. Мы сильно перебираем с трудовой деятельностью — она должна составлять чуть больше трех часов в сутки. Зато вдвое меньше необходимого времени уделяем своей безопасности, в которую включены туалет, гигиенические процедуры, гимнастика, уборка квартиры и т.д. В.Бурдаков уверен, что стариков очень легко обеспечить оптимальными условиями жизни. Для этого они должны работать три часа в день и получать за это деньги, ведь в остальном у них есть возможность правильно планировать свой день. По отклонениям от идеальных соотношений (не только временным) можно рассчитать коэффициент эффективности жизни. Он тесно связан с продолжительностью жизни и в среднем составляет для России 50%, для США — 74%, для Японии — 78%.

Кстати, машины, совершенствуемые человеком в течение столетий (например, карманные часы), равно как и различные статьи бюджета в устоявшихся благополучных общественных системах, в точности отвечают эталонным ФКС. В.Бурдаков считает, что в соответствии с ФКС следует строить социально-экономическую политику государства, а также планировать расходные статьи бюджета. Например, деньги следует платить следующим образом: сначала тем, кто обеспечивает энергетическое благополучие страны, затем транспортникам, службам безопасности, производителям и, наконец, работникам информационной сферы, куда ученый поместил управленцев, финансистов, связистов, работников СМИ, деятелей образования, науки и культуры. В этом случае Президент страны должен получать зарплату последним.

Кстати, предложенное В.Бурдаковым эталонное соотношение пяти базовых потребностей сильно напоминает ряд Фибоначчи, в котором каждое последующее число равно сумме двух предыдущих, и логарифмический закон при основании логарифма 5. А кроме того, у этого соотношения есть связь и с золотым сечением, которое приблизительно может быть выражено дробями 2/3, 3/5, 5/8 и т.д., ведь цифры 2, 3, 5, 8, 13, 21... как раз и образуют ряд Фибоначчи. Ученый утверждает, что ряд Фибоначчи, а также золотое сечение и число 5 имеют первостепенное значение во многих жизненных процессах.

Графит — вещество серого цвета с металлическим блеском, или кристаллического, или волокнистого сложения, жирное на ощупь, удельного веса от 1,9 до 2,6. Вследствие мягкости и легкости, с которой Г. чертит бумагу и т.п., он был известен и употреблялся давно, но прежде его смешивали со свинцом, на что указывает его древнее название plumbago (plumbum — свинец), до сих пор сохранившееся во французском языке — plombagine. Как отдельный минерал, Г. впервые отличен Gesner'ом в 1565 году.

Имя Г. дано ему Вернером. Шееле в 1779 году показал, что Г. есть род минерального угля, тем, что, окисляя его азотной кислотой, получил углекислоту.

Для получения совершенно чистого Г. минерал сначала перемалывают и промывают... и затем, по способу Броди, смешивая с 1/12 частью его веса бертолетовой соли, обливают двойным по весу количеством крепкой серной кислоты и нагревают до окончания выделения пахучих газов; по охлаждении смесь бросают в воду и промывают, затем Г. просушивают и прокалывают до краснокалийного жара; Г. при этом увеличивается в объеме, превращается в чрезвычайно мелкий порошок, который промывают и просушивают.

В природе Г. встречается или в виде отдельных кристаллов, включенных в горной породе, или в виде сплошных масс скрытокристаллических отложений. Лучшие кристаллы Г. в России встречаются в кристаллических известняках острова Паргаса (Ботнический залив)... Г. употребляется для выделки огнепостоянных тиглей и карандашей.

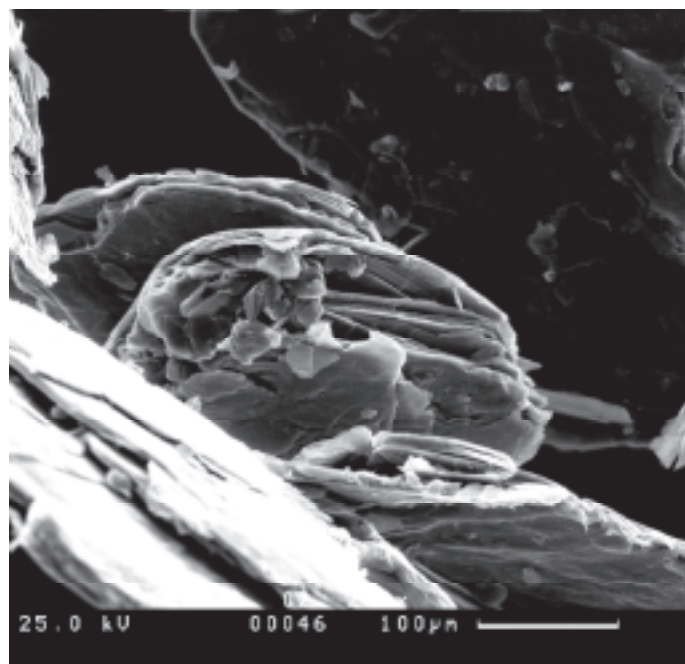
*Энциклопедический словарь  
Брокгауза и Ефрона, 1893 г.*



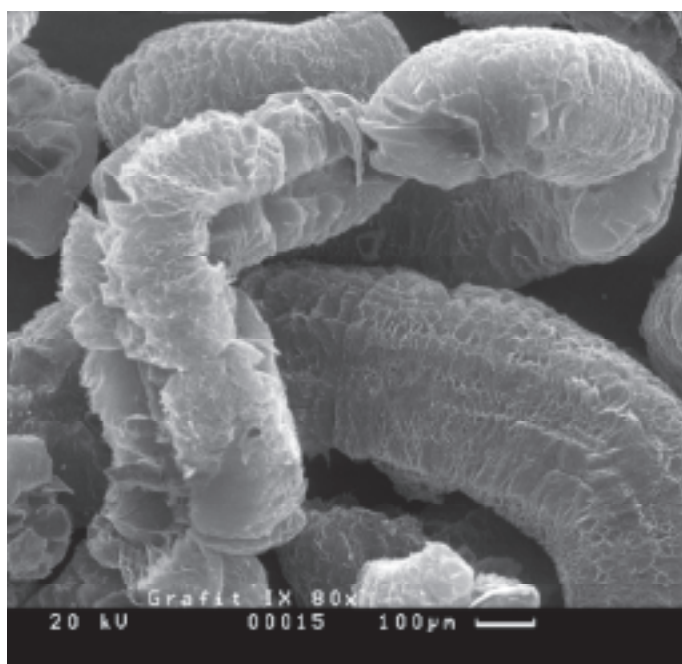
**Справа внизу — исходная таблетка графита, обработанного кислотой. Вверху — порошок пенографита, который получился из этой таблетки при нагревании**

# ПУТЬ к упругому графиту

**Структура графита после обработки кислотой**



**В результате нагревания появилось множество пор и каждая чешуйка превратилась в змейку**







С.М.Комаров

## Змея из графита с хлором

Можно ли ввести внутрь одного твердого вещества другое твердое вещество, например хлорид алюминия внутрь графита? Если знаешь правильный путь, ответ будет утвердительный.

Чтобы провести такую реакцию, нужно взять таблетку из монокристалла графита, положить ее в ампулу из кварцевого стекла, насыпать туда же порошок хлорида и залить жидким хлором. Потом ампулу следует запаять, поместить в герметичный сосуд из металла, в котором лежит сухой лед, то есть твердый углекислый газ, и нагреть градусов до восьмидесяти. Хлор внутри ампулы испарится, и давление там увеличится до сотен атмосфер. Но углекислый газ снаружи, который тоже испарится, создаст противодействие, и ампула останется целой.

В это время под влиянием давления и хлорид, и хлор станут столь активными, что начнут очень быстро проникать внутрь графита, заполняя промежутки между гексагональными сетками из атомов углерода. В результате получится соединение  $C_{10}AlCl_3 \cdot 1,5Cl_2$ . В общем-то ничего удивительного в этом соединении нет. Главное, как этот галоид повел себя после того, как его вытащили из ампулы. Таблетка углерода стала на глазах исследователей расти, и довольно быстро ее толщина увеличилась с одного миллиметра до тридцати сантиметров! Когда же таблетку нагрели, эффект усилился в три раза — длина получившейся змейки достигла одного метра.

Нельзя сказать, что исследователи кафедры химии и физики высоких давлений химфака МГУ испугались, все-таки процесс не был похож на взрыв, но приятное потрясение они испытали: ведь удалось получить нечто такое, чего никто не ожидал. И до сих пор, вот уж семнадцать лет, тысячекратное увеличение объема твердого вещества остается абсолютным мировым рекордом.

А начиналось все с фундаментальных исследований интеркалированно-го графита.

## Этап 1. Середина семидесятых годов — сверхсжатые металлы

Интеркалированные соединения графита, они же соединения внедрения в графит, представляют собой как бы слоеный пирог: между гексагональными сетками атомов углерода расположены слои какого-то другого вещества. Внутри графита можно помещать самые различные молекулы и атомы: металлы, галогениды, интергаллоиды, протонные кислоты и многие другие. Интерес к явлению возник в середине семидесятых годов у химиков всего мира.

Например, химфаку МГУ принадлежит приоритет в получении более полусотни таких соединений. Были среди них и довольно обычные, где внедрить удавалось не очень много молекул, например  $C_8ICl$ ,  $C_5HNO_3$  или  $C_8H_2SO_4$ . Были и уникальные, про которые теоретики говорили, что их создать невозможно. Но с помощью высокого давления запреты удавалось нарушать и загонять внутрь графитового монокристалла чуть ли не столько же атомов вещества, сколько в нем было атомов углерода, получая  $C_2Li$ ,  $C_{2,3}Na$  или  $C_4Cs$ . Синтезировали наши ученые и многослойные пироги вроде  $C_4KHg$ , состоящие из чередующихся сеток атомов углерода, калия и ртути.

Когда щелочной или щелочноземельный металл входит в графит, процесс выглядит весьма странно даже для глаза опытного химика. В ампулу помещают сборку из пластинок металла и монокристаллов графита. На нее давит поршень, и металл входит в твердый графит, как нож в масло: с той самой скоростью, с которой поршень способен перемещаться вниз. Причем реакция, например внедрения калия или цезия, идет даже при температуре жидкого азота.

Графитовые сетки почти не реагируют на подселение новых жильцов, расстояние между атомами углерода в них почти не меняется. В результате число атомов цезия в одном кубометре



**П**уть, ведущий к упругому графиту, нашли специалисты из НПО «Унихимтек», что расшифровывается как «уникальные химические технологии». История же этого предприятия довольно необычна. В августе 1990 года его создали на базе отраслевой лаборатории химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, а ведущий лабораторией доктор химических наук Виктор Васильевич Авдеев стал генеральным директором предприятия. За десять лет «Унихимтек» не только сохранился, но и заметно расширил свою деятельность, и сейчас он выпускает множество материалов на основе пенографита, созданного нашими химиками еще в конце восьмидесятых годов. Оказывается, прокладки из этого материала нужны энергетикам, нефтяникам, автомобилестроителям и всем тем, кому надо уплотнить какой-либо узел, работающий при высокой или низкой температуре и большом давлении.

В основе технологии лежит химия интеркалированного графита. Рассказ об этом классе очень интересных веществ будет позже, а для начала речь пойдет о том самом ключевом эксперименте, который изменил направление работы университетских ученых и привел их к нынешнему успеху.

ре соединения  $C_4Cs$  оказывается в 1,8 раза больше, чем в кубометре чистого металла. То есть их объем уменьшался так, как при давлении в один миллион атмосфер, в то время как поршень давит с силой в тысячу раз меньше!

## Этап 2. Конец семидесятых — синтетические металлы

Эта способность графита вмещать в себя много атомов другого вещества вызвала настоящий бум. Ведь при этом в десятки раз возрастает электропроводность. Явление назвали «суперметаллическая проводимость» и даже добились от графита, интеркалированного фторидом мышьяка  $AsF_6$ , сопротивления меньше, чем у меди. Появились смелые планы построить из нового материала линии электропередач от Владивостока до Москвы и сэкономить много энергии из-за сокращения тепловых потерь.

Но при ближайшем рассмотрении оказалось, что радость исследователей была преждевременной. Графит сильно анизотропен. Соответственно и электричество интеркалированные соединения по-разному проводят вдоль и поперек гексагональных сеток. Впрочем, соединения с литием нашли свою нишу — как электроды для литиевых батареек. Литий, защищенный графитом, не участвует в химических реакциях с электролитом, и батарейка служит дольше. Сейчас только в Японии за год ученые подают более 1000 патентных заявок на такого рода материалы.

## Физика межмолекулярного взрыва

Собственно, изучая, чего и сколько можно вогнать внутрь графита, химики во главе с В.В.Авдеевым и решили ввести в графит хлорид алюминия вместе с хлором. Это привело их к открытию способности графита вспениваться. Новое явление назвали межмолекулярным взрывом, а разобраться в его деталях помогли многолетние исследования интеркалированных соединений.

В зависимости от температуры, структура расположенного между углеродными сетками вещества меняется — идет фазовое превращение. Например, при низкой температуре хлорид алюминия и хлор образуют кластеры в форме тетраэдров, которые объединены в цепочки. При нагреве этот аналог твердого вещества превращается в двумерную жидкость: порядок в их расположении исчеза-

ет. Ну а далее жидкость переходит в газ — возникают молекулы хлора, которые образуют пузыри.

Давление внутри пузырей хлора огромно, тысячи атмосфер. Из-за него углеродные сетки сминаются, пропуская газ наружу, и пузырь всплывает. Но поскольку такая сетка — самое прочное вещество, она не рвется и схлопывается, выпустив пузырь. Если нагревать медленно, газ потихоньку продиффундирует к торцам таблетки и покинет ее без особых последствий. Если же греть быстро, то сетки станут сминаться и возникнет очень пористая структура. То есть вещество как бы взорвется изнутри. Количество пор при этом может оказаться столь огромным, что кубометр пористого материала будет весить 1,6 кг, что лишь на триста граммов больше, чем кубометр воздуха! Только что вынутый из печи пенографит может летать, ведь его поры наполнены горячим воздухом, который легче окружающего.

## Китайцы это делали еще во времена Хань

Впрочем, графит в печке стали выпекать несколько позже, а сначала ученые решили выяснить, что в мире знают о способности графита вспениваться и как это можно использовать во благо.

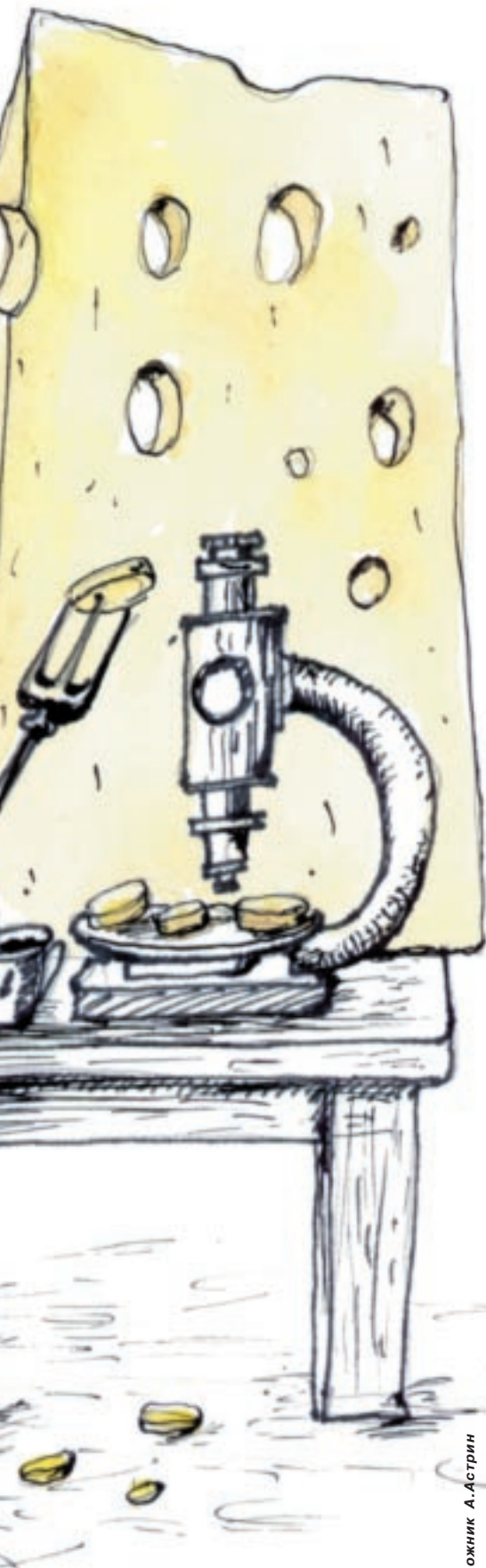
Изучение литературы в очередной раз подтвердило истину об отсутствии новизны в подлунном мире: китайцы делали пористый графит еще до Рождества Христова. Этому народу повезло во многом. В частности, на территории Китая есть уникальные месторождения: добытый оттуда графит состоит из больших монокристаллических чешуек. Если его бросить в сосуд со спиртом, то жидкость проникнет внутрь монокристаллов по имеющимся в них дефектам и при последующем нагревании в костре испарится, приводя к тем же последствиям, что и межмолекуляр-

ный взрыв. Правда, объем при этом увеличивается лишь в десять раз.

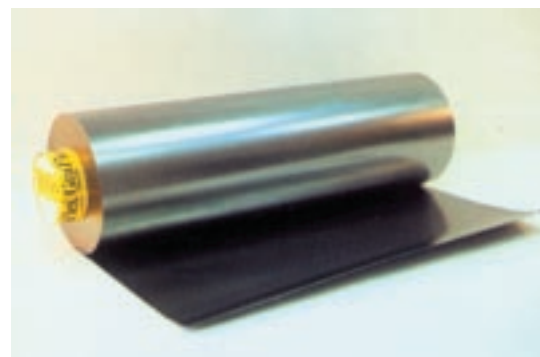
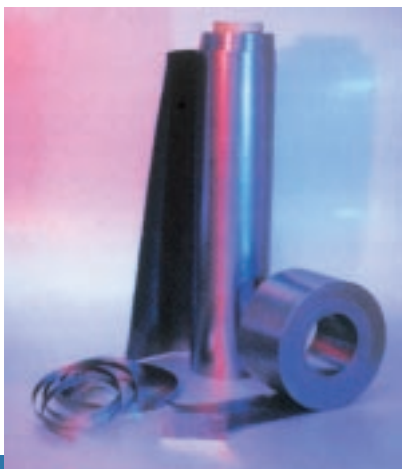
Инженеры из американской компании «Юнион карбайд» придумали свою технологию — получение пенографита с помощью воды. Сама по себе вода внутрь графита проникнуть не может, она не смачивает углерод. Но можно сначала пропитать его окислителем, например серной кислотой с оксидом хрома, перекисью водорода или еще чем-нибудь подобным. Эти вещества изменяют поверхность графита, и вода сможет заполнить все дефекты, образовав раствор







Художник А.Астрин



НОУ-ХАУ

на квазимолекулярном уровне. При нагревании снова получится пористое вещество.

Американская технология, равно как и похожая немецкая или французская, не устроили московских химиков, и они создали свою, которую и применяют для получения пористых материалов, главный из них — графитовая фольга «ГраФлекс».

### Этап 3. Начало восьмидесятых — пористый графит для ракеты

Но это было потом, в девяностых. А в восьмидесятых годах межмолекулярный взрыв привел к взрыву общественного интереса совсем другого рода. Еще бы, появилась перспектива получить сверхлегкий теплоустойчивый материал, который так нужен для того, чтобы делать нечто летающее. Например, ракеты.

В МГУ потянулись высокие правительственные чины. Под идею пористого графита на кафедре химии и физики высоких давлений министр общего машиностроения О.Д.Бакланов организовал отраслевую лабораторию. И ученые не подвели, они создали технологию работы с графитом, которую назвали «химическое прессование».

Суть в том, что при образовании пор возникает немалое давление, в сотни атмосфер. Если порошок интеркалированного графита засыпать в форму, накрыть ее проницаемой для газа крышкой и нагреть, то после вспенивания получится монолитное изделие из чистого углерода. Чем больше порошка насыпать, тем плотнее оно будет.

Заказчикам нужны были материалы с разными свойствами, и химики стали делать композиты: добавлять в графитовый порошок углеволокно или помещать в форму целые плетеные

конструкции в качестве скелета. Пористый материал получился мягким. Чтобы сделать его жестким, на поверхность пор осаждали из газовой фазы пироуглерод. После такой обработки изделия звенели подобно стеклу.

Увы, восьмидесятые годы закончились, и отечественная оборонная и космическая промышленность лишились финансирования. Уникальные технологии пришлось положить в хранилище нереализованных идей, где и ждут своего часа.

### Этап 4. Конец восьмидесятых — казахстанские алмазы

Помимо ракетной техники пористому графиту нашлась еще одна работа: очищать алмазы от пустой породы. Это направление дало свой вклад в последующий успех исследователей. Дело было так.

В середине восьмидесятых в Казахстане, в Кокчетавской области, советские геологи нашли огромное месторождение алмазов. Правда, драгоценные камни были микронных размеров, то есть годились для технических целей, но их оказалось много, десятки миллиардов карат. У месторождения была еще одна особенность — алмазы там вкраплены в графит.

В ЦНИГРИ придумали свою технологию: размолотую породу заливали раствором нитрата свинца и долго грели при умеренной температуре, выжигая графит. Повышать температуру было нельзя, мелкие алмазы при этом выгорали. Свинец же служил катализатором, а потом превращался в отходы.

Отчего бы не воспользоваться способностью графита вспениваться? — подумали химики из МГУ. После такой обработки можно залить размолотую породу водой; графит, который она не смачивает, всплывет, а сили-

каты и алмазы выпадут в осадок. И не надо никакого свинца.

Геологи идею не приняли, все-таки она пришла из чужой организации, и пришлось химикам самим взяться за претворение в жизнь своих мыслей. Тем не менее геологическая экспедиция выделила финансирование, и за несколько лет они создали сначала лабораторную, а потом и опытную установки, на которых добыли несколько сот тысяч карат. И уже начали проектировать полупромышленную, на миллион карат в год для расположенного неподалеку средмашевского Степногорского комбинат, но тут страна оказалась разделенной на независимые государства.

Поскольку алмазы оказались в Казахстане, а высокие технологии, для которых они были нужны, — в России, интерес к месторождению довольно скоро угас.

Однако к этому времени создатели пористого графита накопили очень важные связи с промышленниками, а также опыт создания оборудования, который и пригодился в дальнейшем.

## Этап 5. Начало девяностых — фольга из пенографита

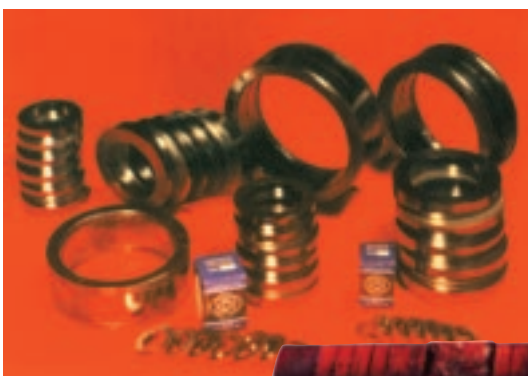
В начале девяностых годов наиболее дальновидным ученым было ясно, что ожидает науку в ближайшем будущем. В частности, руководители отраслевой лаборатории поняли, что именно их детище первым лишат финансирования. Выход помогли найти связи и опыт работы с различными материалами из пенографита.

Ученым удалось убедить руководителей Мосэнерго, Челябэнерго, Кировско-Чепецкого химического комбината и нескольких электростанций в том, что лучше профинансировать собственное производство прокладок для оборудования, чем покупать их за границей. В результате в августе 1990 года возникло предприятие «Унихимтек». Как стало ясно через десять лет, учредители не ошиблись — теперь они получают столь нужные им материалы.

## «Сальник из твердой резины»

Жидкость и газ всегда стремятся вытечь или вылететь из того устройства, в которое их загнал человек. Сделать они это могут через зазоры в местах соединения деталей. Поэтому такие места надо уплотнять прокладками или сальниками.

Материал прокладки должен быть достаточно податливым, чтобы при небольшом давлении заполнить все отведенное ему пространство. Одна из важных характеристик — соотношение давлений: какое давление следует создать поперек прокладки, чтобы она выдержала определенное давление вдоль. Например, внутри блока цилиндров двигателя «Жигулей» давление не превышает 60 атмосфер, но, чтобы его сдержать, на асбестовую прокладку между этим блоком и его крышкой следует подать 280 атмосфер, то есть с такой силой при-



*Сальниковые кольца*



*Прокладки*

*Плетеные набивки*

*Вал насоса с комплектом уплотнителей*







**Краска «Огракс»,  
вспенивающаяся  
на горящем кабеле**

**Производство фольги  
«ГраФлекс»  
в Московской области**



жать прокладку болтами. Для прокладки из графитовой фольги достаточно давления в 100 атмосфер и болтов меньшей толщины.

Но различие свойств на десятки процентов на самом-то деле не обеспечивает новому материалу конкурентоспособности. Чтобы вытеснить старый материал, нужно улучшать свойства в разы. Именно в 6–8 раз увеличивается время между ремонтом всевозможных вентилях, запорной арматуры и прочих уплотненных узлов, где применили графитовые сальники.

Московские энергетики, оборудование которых работает при 550°C и 400 атмосферах, первыми заменили асбестовые сальники на графитовые, сделанные химиками из МГУ. И не прогадали: в отличие от резины или асбеста, пористый графит не камнеет, то есть не теряет своих упругих свойств из-за нагрева или со временем, не стареет, не вызывает коррозии деталей. Снижение затрат на обслуживание оказалось столь значительным, что в 2001 году глава РАО ЕЭС А.Б. Чубайс распорядился применять этот материал на всех электростанциях энергосистемы.

## Прокатанные порошинки

Сырье для граффлекса и всех прочих материалов — порошок графита. Сначала его интеркалируют, то есть вводят вещества, способствующие образованию пор. Потом вспенивают и прокатывают. Вспененные чешуйки цепляются друг за друга изогнутыми сетками, между ними возникают вандер-ваальсовы связи, и после прокатки получается довольно прочный и гибкий лист или нить. Главное их достоинство — упругость.

Поскольку углерод — высокотемпературный материал (его температура плавления превышает 3500°C), то пористая структура не релаксирует: при используемых энергетиками температурах и давлении с графлексом ничего не происходит. И не только при высоких температурах, но и при низких, гелиевых. Лишь излучение от радиоактивных отходов, контейнеры для хранения которых одно время хотели делать из пористого графита, изменяет структуру материала, да и то небыстро.

Из гибкого, упругого графита можно либо вырезать прокладки разной формы, либо сплести нити в жгуты и делать так называемые набивки. Плоские прокладки потом поместят между фланцами или наденут на перемещающиеся штоки вентилях. А набивки послужат уплотнениями в насосах: их положат в пазы, как следует зажмут, раздавят и пористый графит заполнит все пространство.

Чтобы сделать материал прочнее, его армируют углеволокном, фторопластом, сталью и получают множество композиционных материалов. В результате заказчик подбирает ту комбинацию свойств, которая ему нужна.

## Вспенивающаяся краска

Если изготовление прокладок и набивок из пористого графита — дело отлаженное, счет идет на сотни тонн, а покупают их множество предприятий, от энергетических до нефтехимических, то противопожарную краску на



**НОУ-ХАУ**

«Унихимтеке» только начали делать.

Суть идеи такова. Чтобы во время пожара деревянная дверь перестала гореть, ее надо изолировать от кислорода воздуха. Сделать это можно, покрасив краской с добавками интеркалированного графита. При нагреве его частицы вспенятся, объем увеличится в 60 раз, дверь покроется шубой, которая плохо проводит тепло. В результате у спасателей появится дополнительное время, чтобы вывести из помещения людей.

Тем же способом удастся защищать электрические кабели. Обычно огонь идет вдоль провода, и кабель выгорает на километры. Вспенившаяся краска создает пробку, которая не дает огню распространяться дальше.

Вот какие интересные материалы получились у московских химиков вследствие в общем-то случайно обнаруженного эффекта.

А что же ученые? Лаборатория сохранилась, предприятие ее финансирует, потому что руководство НПО «Унихимтек» уверено: без науки невозможно двигаться вперед и создавать нечто новое. А без нового невозможно не только развиваться, но и сохранять устойчивое положение в будущем. Будущее же это, как видно из истории создания пористого графита, не такое уж и близкое — от первых исследований до успеха на рынке прошла положенная четверть века.



## Новая хронология

R.Cayrel et al., «Nature», 2001, v.410, p.63

Для определения возраста минералов и реликтов древних культур используют изотопный метод — радиоактивный распад определенного нуклида идет с постоянной скоростью, и по отношению, скажем, концентраций исходного нестабильного изотопа и продукта его распада можно вычислить время, прошедшее с начала этого процесса. Так, широко применяют радиоуглеродный метод, основанный на измерении содержания изотопа  $^{14}\text{C}$  с периодом полураспада ( $T_{1/2}$ ) 5700 лет (в земной атмосфере под действием космических лучей он образуется постоянно, а в мертвых организмах углеродный обмен прекращается; поэтому по степени радиоактивности органического образца можно установить его возраст).

После создания теории Большого взрыва встал вопрос о количестве времени, прошедшем с момента рождения Вселенной и до наших дней. Возраст универсума пытаются выяснить разными способами, например определяя расстояния до самых удаленных галактик и скорости их разлета (правда, при этом предполагают неизменность масштаба измерения времени, что неочевидно). В результате обычно получают цифру в интервале 10–20 млрд. лет. Для решения этой проблемы годится и изотопный метод.

Известно, что все элементы от гелия и до железа включительно синтезируются в ходе ядерных реакций в звездах. Еще более тяжелые ядра возникают за счет захвата ядрами легких элементов многих дополнительных нейтронов, а затем последовательного бета-распада. Этот процесс идет главным образом при экстремальных

условиях взрывов сверхновых, когда есть высокая температура и мощные потоки нейтронов (поэтому ядра успевают насытиться ими). Образующиеся в момент взрыва нуклиды рассеиваются, а затем конденсируются в звезды следующего поколения, которые строятся как бы из «пепла» ранее существовавших.

Согласно этой модели звездного нуклеосинтеза — теории Б<sup>2</sup>ФХ (по фамилиям ее создателей — супругов М. и Дж.Бербиджей, У.Фаулера и Ф.Хойла; один из них, Фаулер, получил в 1983 г. Нобелевскую премию) изотопы урана  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  должны возникать примерно в равных количествах. Тем не менее на Земле современное отношение содержаний  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  составляет лишь 0,0073, что и понятно: оба изотопа радиоактивны, но для урана-235  $T_{1/2} = 713$  млн. лет, а уран-238 распадается значительно медленнее (его  $T_{1/2} = 4,5$  млрд. лет). Значит, определив их соотношение в том или ином космическом объекте, можно судить о времени, которое прошло с момента взрыва сверхновой, послужившей его «предком». А выявлять наличие и содержание определенных изотопов можно с помощью спектроскопии высокого разрешения.

Таким способом группа астрономов из многих стран, используя телескоп в Чили, обнаружила очень старую звезду (ее обозначили CS32082-001) на окраине нашей Галактики. Вывод о ее преклонном возрасте сделали на основании того, что в ней очень мало железа (в тысячу раз меньше, чем на Солнце), то есть она образовалась тогда, когда предыдущие поколения звезд еще не успели наработать этот элемент. Впервые в звезде-долгожительнице удалось измерить содержание изотопов урана, что позволило вычислить ее возраст.

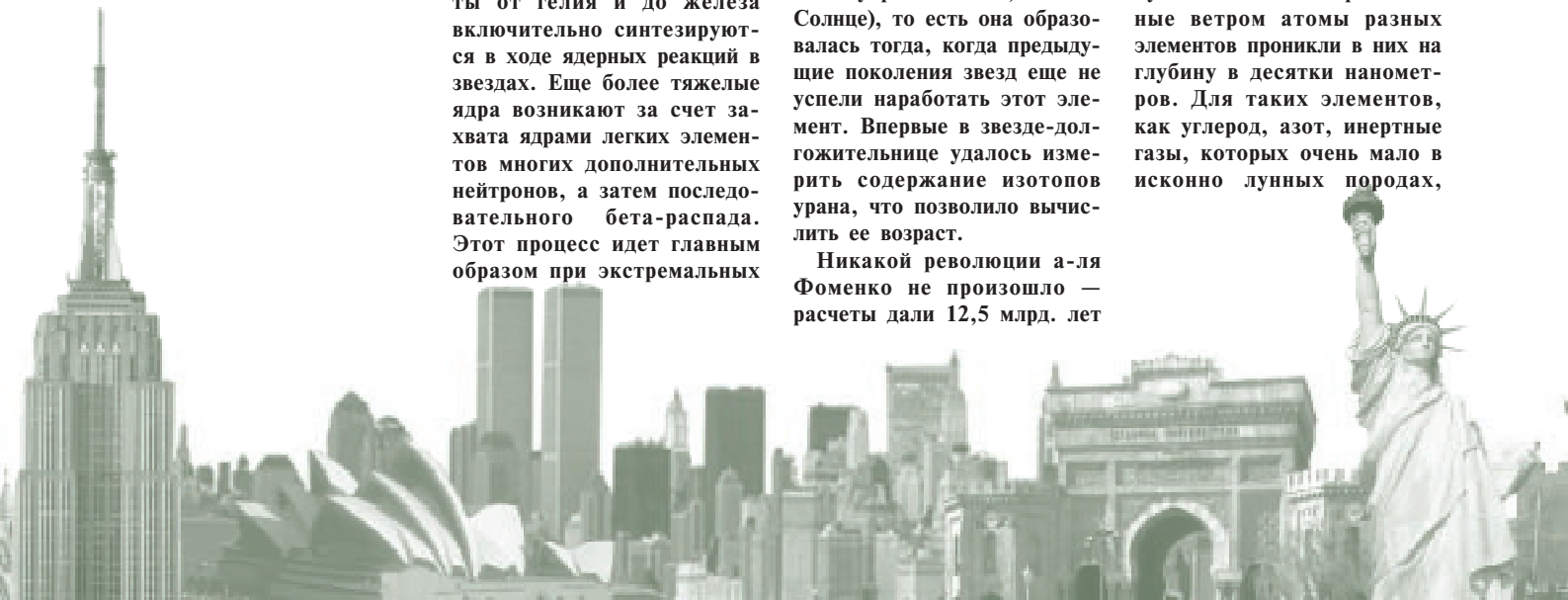
Никакой революции а-ля Фоменко не произошло — расчеты дали 12,5 млрд. лет

(плюс-минус 3 млрд.), и эта цифра теперь служит нижней границей возраста Галактики и всей Вселенной.

Есть в космологии еще один сакраментальный вопрос: какова плотность вещества во Вселенной? Другая группа астрономов попыталась на него ответить, исходя из анализа крупномасштабной структуры космоса. Они проанализировали расположение 140 000 галактик и выявили кластеры — области скопления галактик в виде «блинов» и «нитей» (длиной до 100 млн. световых лет), между которыми находятся разреженные области, как бы пустоты. Понятно, что эта картина есть результат усиленных гравитацией исходных неоднородностей в распределении материи. Поэтому удалось оценить плотность вещества — она оказалась равной 0,3 от критической (такой минимальной плотности, при которой разбегание галактик будет остановлено).

Однако данные о неоднородностях реликтового излучения говорят о том, что Вселенная плоская, то есть ее плотность как раз равна критической, и тут возникает проблема скрытого, «темного» вещества (см. «Новости науки» 2000, № 9). Теперь нужно как-то разрешить это противоречие (*J.Peacock et al., «Nature», 2001, v.410, p.169*).

Кстати, французские и японские космохимики изучают изотопный состав доставленного на Землю лунного грунта. Поток идущих от Солнца частиц (солнечный ветер) оставил свой химический след на частицах лунной пыли — принесенные ветром атомы разных элементов проникли в них на глубину в десятки нанометров. Для таких элементов, как углерод, азот, инертные газы, которых очень мало в ископаемых породах,





удается выявить части, имеющие солнечное происхождение. Таким образом, можно проследить изменение состава солнечного ветра во времени и многое узнать об эволюции нашего светила (K.Hashizume et al., «Science», 2000, v.290, p.1142).

## На пороге аттохимии

M.Drescher et al., «Science», 2001, v.291, p.1923

Мы уже привыкли к приставкам «нано» ( $10^{-9}$ ), «пико» ( $10^{-12}$ ) и «фемто» ( $10^{-15}$ ), а теперь начинает входить в обращение и «атто» ( $10^{-18}$ ). Аттосекунды — таков временной масштаб длительности лазерных импульсов, с помощью которых в ближайшие годы начнут исследовать динамику молекул и атомов.

Периоды внутримолекулярных вибраций составляют несколько десятков фемтосекунд, поэтому их изучает фемтохимия, достижения которой уже отмечены Нобелевской премией (см. в «Химии и жизни» «Новости науки», 2000, № 1 и статью «Химический кинотеатр», 2000, № 4). «Покадровая киносъемка» реакций аттоимпульсами даст лучшее временное разрешение, то есть выявит их детали, а кроме того, позволит изучать крайне быстрые перестройки, происходящие в атомах (например, ионизацию, затрагивающую их внутренние электронные оболочки).

Используя лазеры, излучающие видимый или ближний инфракрасный свет, уже удалось получить импульсы, длящиеся всего 5 фс, то есть меньше двух периодов колебаний световой волны, а один период (около 3 фс) — это уже теоретический предел. Поэтому, чтобы достичь более коротких импульсов, требуется перейти к ультрафиолетовым или рентгеновским лучам. Исследователи из Австрии, Германии и Канады использовали фемтосекундные импульсы видимо-

го света для генерации еще более коротких импульсов X-лучей (с периодом колебаний 50 ас, или 0,05 фс).

Принцип, позволяющий это сделать, заключается в генерации гармоник. Видимый свет возбуждает внешние электроны атомов криптона, происходит их ионизация. Затем электроны возвращаются на свои орбиты, излучая фотоны. А так как система нелинейна, то возникают высшие гармоники, которые удается отфильтровывать. В результате получили импульс длительностью 1,8 фс, то есть меньше одного периода колебаний исходного света (2,6 фс).

На этом пути лазерщики надеются достичь еще меньших времен, так что скоро, наверное, будем смотреть химическое «аттокино».

## Приглашения на казнь

A.Muller et al., «Nature», 2001, v.410, p.50

Главная трудность в лечении рака — борьба с метастазами. Давно замечено, что в некоторых органах они возникают много чаще, чем в других, скажем, в случае рака молочной железы человека вторичные опухоли, как правило, находят в костном мозге и легких, но редко в почках.

Причины такого предпочтения оставались неизвестными, и были предложены три основные гипотезы: злокачественные клетки, циркулируя в организме с кровью или лимфой, покидают их с одинаковой вероятностью во всех органах, но размножаться они могут только в тех из них, где есть соответствующие условия; клетки, выстилающие стенки сосудов, имеют в некоторых органах молекулы адгезии, которые останавливают раковые клетки; органы, где образуются метастазы, сами выде-

ляют некие факторы, стимулирующие раковые клетки проникнуть в них.

Теперь биохимики из нескольких стран сумели разобраться на молекулярном уровне в этом процессе и подтвердить (для рака молочной железы человека) третью гипотезу. Оказалось, что определенные вещества, вырабатываемые некоторыми органами, действительно служат аттрактантами для раковых клеток, как бы посылаемыми им приглашениями обосноваться в данном органе. (В синергетике есть понятие «странного аттрактора». Теперь в онкологии можно говорить об «аттракторах-самоубийцах».)

Известно, что лимфоциты и стволовые клетки используют хемоаттрактанты, называемые хемокинами (по структуре и функциям они близки факторам роста), для проникновения в определенный орган. Хемокины, связываясь с имеющимися у этих клеток рецепторами, запускают каскад реакций, приводящих к тому, что клетки сначала привязываются к стенкам сосудов, а затем выходят из них и двигаются в сторону источника хемокинов (хемотаксис).

Как выяснили авторы работы, так же поступают и раковые клетки. Удалось идентифицировать молекулы-аттрактанты (хемокин CXCL12) и соответствующие им белки-рецепторы (CXCR4), расположенные на раковых клетках. Оказалось, что рецептор CXCR4 более выражен на раковых, чем на нормальных клетках молочной железы, а хемокин CXCL12 больше выделяют именно те органы, где чаще возникают метастазы. Показано также, что *in vitro* этот хемокин побуждает раковые клетки двигаться в сторону роста концентрации этого вещества, инвазируя выделяющую его ткань.

Более того, исследователи сумели (на мышах с измененной иммунной системой, которым вводили раковые клетки человека), блокируя рецепторы хемокина CXCR4

антителами, предотвратить образование вторичных опухолей. Значит, тут открывается путь к их профилактике.

Кстати, американские специалисты решили выяснить, почему клетки меланомы устойчивы к химиотерапии (кроме того, они очень активны в образовании метастазов). Известно, что в нормальных клетках поврежденные хромосомной ДНК приводит к их самоуничтожению (апоптозу), а вот раковые клетки умеют избежать летального исхода; иначе говоря, химические повреждения их ДНК для них не смертельны. Причина такого различия в том, что цепь событий, приводящих к апоптозу, запускает белок p53, а в злокачественных клетках его ген p53 обычно мутирует и потому не выполняет своей функции.

Но в клетках меланомы, как оказалось, этот ген полностью сохраняет свою активность — в них выключается другой ген, *Apaf-1*, который тоже участвует в апоптозе. А самое важное, что этот ген перестает работать не из-за мутаций, а за счет эпигенетического (не затрагивающего последовательность нуклеотидов в нем) изменения — он подвергается метилированию, когда к его цитозинам присоединяется метильная группа. В результате нарушается взаимодействие участка ДНК с регуляторными белками, и ген уже не считывается (вообще, избирательное метилирование — один из способов, который живые организмы используют для управления транскрипцией генов; при этом распределение модифицированных участков ДНК может сохраняться при делении клетки, то есть при репликации генетического материала).

Это обстоятельство дает шанс медикам — нужно попытаться снова включить ген *Apaf-1*, для чего его необходимо деметилировать. И тогда клетки меланомы, вероятно, станут более уязвимыми (M.S.Soengas et al., «Nature», 2001, v.409, p.207).

Подготовил  
Л.Верховский

# Мощное древо Кольцова

## Московские корни биологии XXI века

Кандидат химических наук  
**Е.В.Раменский**



*Портрет Н.К.Кольцова  
работы В.И.Мухиной,  
бронза.  
Бюст установлен  
в дирекции Института  
биологии развития  
им. Н.К.Кольцова РАН*

### Учитель и предтеча

В 2000 году ЮНЕСКО отметила 100-летие Н.В.Тимофеева-Ресовского. «Один из корифеев Колюша Тимофеев», как шутили в 20-е годы, был среди многих «птенцов гнезда Кольцова». Они нанесли на карту биологии множество новых островов. Но нельзя забывать, что за спинами учеников стояла мощная сила предвидения, талант организатора и высокий нравственный пример гениального Николая Константиновича Кольцова. Блеск учеников, которыми он всегда был окружен, «окольцован», порой мешает увидеть Учителя. А тот ставил высокую планку: «Выдвинуло ли наше поколение мысль, по значимости своей не уступающую дарвиновской?» Биологи понимают, что жизнь и судьба организмов есть некая игра генов с условиями окружающей среды. О генах таланта известно немного. Ничтожна и доля осуществившихся гениев. Приглядимся к среде, проявившей, как фотопленку, уникальные гены величайшего русского биолога XX века Николая Константиновича Кольцова.

### Свой среди своих

Он родился 15 июля 1872 года в Москве, на Ильинке, на месте современного Минфина, в семье со скромным достатком и прочными устоями. Константин Степанович Кольцов, бухгалтер меховой фирмы, погиб в 1873 году, пролежав в снегу под опрокинувшим-

ся возком. Мать Варвара Ивановна была образованной женщиной, дочерью купца-книжечоя Быковского, знавшего восемь языков. Они были в родстве с гениальным шахматистом А.Алехиным и режиссером Станиславским (К.Алексеевым). Русское общество проглядело, что новый класс пореформенной России — уже не самодуры Тит Титычи. Они дали стране и миру не одних лишь умных и щедрых филантропов и меценатов, строивших больницы, библиотеки, научные институты, театры и картинные галереи. Купечество породило многих блестящих и утонченных творцов науки и культуры.

Становление личности Кольцова пришлось на время Александра III, когда, по Блоку, «Победоносцев над Россией простер совиные крыла». А Бунину эти годы виделись временем накопления огромной мощи России.

Николай молчал до трех лет, а заговорил... стихами. Четырех-пяти лет ему пришлось самому учиться читать (домашние боялись, что рано). В шестилетнем возрасте он распотрошил игрушечную лошадь. Мать сказала: «Быть тебе естественником». Летом на даче он любил собирать растения и насекомых. До гимназии Николай был один в своих играх: брат и сестра были старше. Он рано завел дневник, куда заносил увиденное на прогулках, а позже — в походах с друзьями на юге и в Подмоскowie.

Невысокий, крепкий, внешне спокойный юноша с густыми рыжеватыми во-

лосами, коротким носом и упрямым подбородком закончил гимназию в 1890 году с золотой медалью. Будущие биологи учились тогда на физико-математическом факультете Московского университета. Там выделялась блестящая лаборатория сравнительной анатомии во главе с европейски образованным зоологом профессором М.А.Мензбиром. Уже на третьем курсе Кольцов написал большую работу о развитии пояса задних конечностей у позвоночных, выиграв золотую медаль на конкурсе. Кроме Мензбира его учителями стали биолог В.Н. Львов и физик А.Г. Столетов. Дневник тех лет отражает и споры с друзьями о прочитанных философах, и муки неразделенной любви. По окончании курса двадцатидвухлетнего студента освободили от солдатчины, оставив в аспирантуре «для подготовки к профессорскому званию».

Личность великого биолога сочетала, казалось, несовместимое — смелое воображение при бухгалтерской тщательности и критическом подходе к опытным данным. Строгость характера и нелюбовь к панибратству не мешали ему быть хорошим товарищем и создать свою, самую мощную в России школу биологов. Эти черты проявились довольно рано. Гимназический друг Н.Артемов, ободряя Кольцова в первой и тем уже трудной командировке в Европу, пишет ему: «Терпенье, вера в успех и борьба с низкими страстями и инстинктами могут дать



тебе место в ряду великих, не ниже всех этих Пастеров и Гекслей».

Первые работы Н.К.Кольцова выполнены в области сравнительной анатомии под влиянием дарвиновских идей. Они были интересны, но скорее другим, чем самому автору. Дарвинизм победил, пора было идти дальше. А Россия в те годы уверенно выходила на передовые рубежи мировой биологии. Среди россиян две первые Нобелевские премии получили не физики, не поэты, писатели и правозащитники, а биологи И.П.Павлов и И.И.Мечников. «Основной моей задачей являлось стремление связать между собой научные достижения различных областей биологии с достижениями в других областях естествознания, с химией, физикой, кристаллографией... Я в течение всей своей научной деятельности был глубоко убежден, что именно работа в промежуточных областях может обогатить нас наиболее плодотворными общими идеями», — писал Кольцов в конце жизни. Как мы знаем, и в природе главные события происходят на границе сред. А пока молодой ученый решил изучать клетку.

## Свой среди чужих

В 1897 году, сдав магистерские экзамены, он едет в лабораторию цитолога В.Флемминга в Киле с темой «Зародышевый путь при развитии амфибий». Позже он писал: «Я уехал из Киле после полугодовой работы, овладев тончайшей микроскопической техникой, но разочарованный чисто морфологическим подходом к цитологии и своей темой». Работа продолжилась на трех приморских биостанциях во Франции и на знаменитой Неаполитанской. Словно Знак, молодой биолог погрузился в волшебный мир тогда еще чистых теплых морей, увлеченный микроскопией живых клеток. Прежде Кольцов работал лишь с мертвыми препаратами, а теперь у него на глазах К.Герbst создавал новую область науки — приложение физической химии к биологии. Русский биолог познакомился и с Г.Дришем, одним из основателей экспериментальной биологии. В Неаполе тогда работал и американский цитолог Эдмунд Вильсон, автор книги «Роль клетки в явлениях наследственности и изменчивости». Он, подобно Кольцову, сумел заглянуть в будущее, предсказав появление новой науки генетики и создав большую научную школу. Его сотрудником и учеником в Колумбийском университете был прославленный в будущем генетик Т. Морган.

Но, пишет Кольцов, «особенно дружная молодая группа у нас составила весной 1899 года в Виллафранке». В

нее входили студенты «Рихард Гольдшмидт и Макс Гартман, в настоящее время (в 1936 г. — *Е.Р.*) крупнейшие биологи Германии. Мы хотели посвятить свою жизнь изучению организации клетки, сравнительной и экспериментальной цитологии. Наша тройка — Гольдшмидт, Гартман и я — осталась верной планам нашей молодости». Долгие годы друзья встречались и переписывались. В трудные времена немцы много помогали Кольцовскому институту научной литературой. Сопричастность и личные связи с творцами мировой науки дали новое измерение кругозору молодого биолога.

Приват-доцентом в Москве он начал в 1900 году читать свой первый курс цитологии. После защиты звания магистра Кольцов в начале 1902 года вновь уехал к морю, в Виллафранку и Неаполь. И вот первое крупное открытие, принесшее молодому ученому мировую славу. Взяв объектом исследования свободные клетки — спермии десятигого раков, он изучил действие на них многих веществ. Работа требовала знания физической химии, и Кольцов с увлечением переоткрывал ее законы на своих объектах. Чтобы объяснить форму спермиев, ему пришлось, вспомнив лекции Столетова, предложить их биофизическую модель. Ученый сумел объяснить, каким образом клетки, наполненные жидкой цитоплазмой, отступая от шарообразного состояния, приобретают разнообразные, достаточно жесткие, порой очень сложные формы. В течение ряда лет он выпустил три части «Исследований о форме клеток», на многие десятилетия обогнав открытие цитоскелетных белков, которые определяют форму клеток, их внутреннее строение и подвижность. В зарубежные монографии и курсы тех лет вошел «кольцовский принцип организации клеток».

## Войны и революции

Кольцов вернулся в Москву в 1904 году с докторской диссертацией и усиленно занялся своими лекциями в университете и на Высших женских курсах. В небывалых прежде лекциях и практикуме по общей биологии он развил свои взгляды на организацию клетки. За четверть века курса прошли тысячи студентов. Так возникла школа Кольцова, опередившая появление другой прославленной экспериментальной школы — физиков «папы Иоффе» в Петрограде. Лекции Кольцова сочетали научную глубину с блестящей формой. Он захватывал аудиторию, сопровождая чтение великолепными цветными рисунками, которые тут же сам рисовал. Лекции собирали студентов всех факультетов. Здесь он нашел свою



## ПОРТРЕТЫ

удачу в любви — Марию Полиевктовну. Сестра выдающегося химика-органика Павла Шорыгина, она стала учиться вопреки воле богатого отца.

А Россия вступила в свой XX век — эпоху войн и революций. Кольцов оказался защищать докторскую диссертацию в январе 1906 года, после подавления декабрьского вооруженного восстания, оставшись без степени вплоть до 1934 года. Своими выступлениями в эти месяцы и книги «Памяти павших. Жертвы из среды московского студенчества в октябрьские и декабрьские дни» он напугал официальную профессию. Консервативный М.А. Мензбир поспешил избавиться от неблагонадежного ученика. Но в 1911 году, после отмены университетских свобод, благонамеренному Мензбиру вслед за десятками лучших профессоров и доцентов тоже пришлось покинуть *alma mater*. Безработного профессора трудоустроил на Высших женских курсах обиженный им ученик, а на кафедру Мензбира пришел другой, политически благонадежный ученик — А.Н.Северцов. Атеист Кольцов зла не держал, однако, подобно христианским проповедникам, был непреклонен «в вере», защищая свои научные и демократические убеждения. Любопытно, что политические консерваторы Мензбир с Северцовым вписались в советский режим, стали академиками АН СССР, а неблагонадежному новатору от науки Кольцову в этом было отказано. В 1920 году его арестовала ЧК, и только вмешательство Горького и наркома здравоохранения Семашко спасло от расстрела. А Кольцов оставался ученым и на пороге смерти, изучая на себе развитие и последствия стресса.

«Кровавый царизм» не отнял у гонимого Кольцова возможности работать. Он мог преподавать на независимых от властей Высших женских курсах, а позже стал профессором университета Шанявского, подчиненного городской управе. В каникулы он за свой счет, вопреки официальному запрету, продолжал опыты у теплого моря, в Неаполе. В 1912 году Кольцов создал у Шанявского первую в мире кафедру и хорошо оснащенную лабораторию общей биологии. По свидетельству Тимофеев-

**Бывшее здание Института биологии развития на Воронцовом Поле, 6 (фото Е.Раменского)**

## ПОРТРЕТЫ

ва-Ресовского, в 20-е годы она послужила образцом для лучшей в Европе лаборатории А.Кюна в Геттингенском университете. В кольцовской лаборатории получила развитие русская физико-химическая биология. Здесь же впервые в России биологи стали измерять концентрацию водородных ионов методом электрометрии. Из университета Шаняевского вышло в науку первое поколение кольцовских учеников: физиолог М.Завадовский, цитолог П.Живаго, генетик А.Серебровский, гидробиолог С.Скадовский, гистолог Г.Роскин и другие.

Императорская академия наук заместила в нестоличной Москве ученого, часто упоминаемого за рубежом. Кольцова представляют к званию академика, предлагая создать в Петербурге кафедру экспериментальной биологии. Кольцов отказывается. В Москве у него есть лаборатория, друзья и ученики. Тогда, по исторической традиции, академия избирает его лишь членом-корреспондентом, а кафедру в Петербурге решает не открывать.

В 1912 году профессора В.А.Вагнер и Л.В.Писаржевский затевают журнал «Природа», главным редактором которого становится Кольцов. В советские времена он основал «Биологический журнал» (теперь «Журнал общей биологии») и участвовал в создании «Бюллетеня экспериментальной биологии и медицины», а вместе с В.И.Вернадским — «Журнала радиологии и рентгенологии».

## Блистательный институт

После февраля 1917 года Кольцов возвращается в Московский университет вместе с другими опальными профессорами, усилив преподавание естественных дисциплин в будущей столице. Он становится во главе созданного на деньги издателя А.Ф.Маркса Института экспериментальной биологии. Сперва это была скорее лаборатория в Сивцевом Вражке с несколькими сотрудниками. Тогда в мирном и сытом Нью-Йорке Т.Морган и А.Стёртевант, ученики Э.Вильсона, выстраивали здание классической генетики. Можно ли сравнить условия их жизни с выживанием наших ученых? Но всем войнам и революциям, разрухе, арестам и голо-

ду не под силу было остановить творческий порыв Кольцова.

В 1925 году, переехав в прекрасный особняк на Воронцовом Поле, 6, институт развернулся в полную силу. Годы недолгой мирной передышки при нэпе стали счастливыми для российской биологии. Она развивалась не вопреки, а благодаря поддержке властей. У Кольцова был маленький и очень московский институт, обретший всемирную славу. Его вес в науке можно сравнить лишь с ленинградскими великанами, павловским Институтом физиологии и вавилонским Всесоюзным институтом растениеводства. И если первый тяготел к медицине, а второй — к сельскому хозяйству, то кольцовское детище было связано и с тем, и с другим. Директор был академиком Всесоюзной академии сельхознаук, а его институт числился по Наркомздраву. В нем были представлены растущие направления новой биологии. Здесь развивались новые подходы к изучению живого: экспериментальная полиплоидия, электрофорез, культура тканей, научная кинематография, цитология и, конечно, генетика. В институте постоянно трудились стажеры со всех концов страны. Поддерживались широкие международные связи, насколько позволяли условия нарастающей шпиономании. Приезжали мировые знаменитости Дж.Холдейн, З.Ваксман, Ф.Нансен, Г.Меллер. Последний даже работал у Кольцова. Со времен кольцовской молодости роли поменялись. В 1925 году по просьбе нейроморфолога О.Фогга в Германию командирован Н.В.Тимофеева-Ресовского. Директор напутствует его: «Рус-

ские привыкли у немцев учиться, а вы будете немцев учить».

Богатая институтская библиотека состояла в основном из личных книг Кольцова. На полях свежих журналов сотрудники находили пометки директора с указаниями, на какой странице есть нужные данные. Кольцовский институт был общим домом сотрудников — от профессоров до вахтеров. Институт, директора и науку любили, работали без оглядки. Кольцов предупреждал: «Давайте условимся, работать после одиннадцати вечера только по моему разрешению». Были обычны розыгрыши и состязания. Царивший здесь непоказной демократизм не мешал строгой дисциплине. Вымирали старые предрассудки, не приживались советские. Директор не гнушался сам писать характеристики сотрудникам. Свободный человек, он насаждал дух научной свободы и требовательности. В поле высокого напряжения мысли создавался союз ярких творческих личностей блистательного, по оценке Гольдшмидта, института.

В 1916 году Н.К.Кольцов включил в план работ будущего института «мысль, не уступающую дарвиновской» — вопрос образования новых биологических видов. А кроме того, обращает «особое внимание на развитие русской, а впоследствии советской генетики». Он уже в 1903 году мыслит как генетик, предсказав в своих лекциях явление перекреста, взаимного обмена участками гомологичных хромосом, основу будущего генетического анализа. Он понимал, что материалом для эволюции организмов служат имеющие вероятностный характер скачкообразные



фото Е.Раменского



Первая статья о Кольцове была опубликована в 1941 году в журнале «Природа»; ее написал Б.Л.Астауров. После этого имя великого биолога исчезло из печати и не упоминалось публично до 1965 года, до официального осуждения Лысенко.

Имя опального ученого стало известно широкой публике после того, как в пятом номере нашего журнала за 1965 год появилась посвященная ему статья Е.В.Раменского



изменения, квантовые переходы в мире живого, мутации, на которые обратил внимание в 1901 году Г.Де Фриз.

А чем вызваны сами мутации? Как полагал Кольцов, их причиной должны быть мощные факторы: радиация и активные химические соединения. Надо было показать это опытным путем. Разруха и блокада не позволили кольцовцам строго доказать мутагенное действие радиации уже в 1917 году. У них не было своего рентгеновского аппарата (даже дров для отопления не хватало), а самое главное, не было генетически стандартных организмов. Подходящие линии мушек-дрозофил были только у Моргана, в Нью-Йорке, в Колумбийском университете. Сразу после снятия блокады, в 1922 году, в институте побывал его ученик Г.Меллер. Через пять лет появится его работа в области радиационного мутагенеза, отмеченная в 1946 году Нобелевской премией. Зато явление химического мутагенеза кольцовцы не уступили никому. Впервые его доказал в 1932 году В.В.Сахаров. И.А.Рапопорт нашел соединения-супермутагены, однако из-за ухода на фронт добровольцем не смог опубликовать свои работы до 1946 года. В начале 60-х Нобелевский комитет выдвинул И.А.Рапопорта кандидатом на премию, но получить ее помешала политика. Только спустя 20 лет его наградили — Ленинской премией.

А как новые виды возникают в природе? Ответ на вопрос дал в 1926 году заведующий отделом генетики института Сергей Сергеевич Четвериков с сотрудниками. Ученик и родственник Кольцова, энтомолог и генетик, он первым в России освоил работу с мушкой-дрозофилой. Вместе с сотрудниками он изучил ее природные популяции от Германии до Кавказа и выявил начальные ступени образования новых видов. Выяснилось, что материалом для эволюции, как и считал Кольцов, служат самопроизвольно возникающие мутации. Так дарвинизм в XX веке шагнул на новый уровень, устранив свою «нестыковку» с генетикой. Позже Дж.Хаксли назовет это синтетической теорией эволюции. От московской группы отпочкуется германская во главе с Н.В.Тимофеевым-Ресовским, а

позже появится и американская — эмигранта Феодосия Добжанского. А С.С.Четвериков, по оценке своего студента, известного генетика В.П.Эфроимсона, «талант, появляющийся раз в столетие», будет отправлен в 1929 году в бессрочную ссылку.

В 1922 году Н.К.Кольцов и петроградский генетик Ю.А.Филиппченко основали Русское евгеническое общество и «Русский евгенический журнал». Они хотели развивать учение Ф.Гальтона о наследственном здоровье человека и путях его улучшения. Положительная евгеника стремится приумножить потомство здоровых и талантливых людей. Отрицательная — ограничить появление людей с наследственными отклонениями. Обсуждали, например, в какой мере войны, революции и массовые эпидемии влияют на эволюцию человечества. Молодые исследователи разобрались в родословных Толстых, Пушкиных и других талантов отечественной культуры и науки, находили интересные родственные связи. В институте появилась группа изучения близнецов. Сотрудник института С.Г.Левит в 1930 году стал директором Медико-биологического института им. М.Горького, а затем возглавил первый в Европе Медико-генетический институт, в котором успешно изучали врожденные заболевания, проводили медико-генетические консультации населения. В 1937 году этот институт разогнали, а Левита расстреляли. Медицинская генетика в СССР была запрещена на 30 лет. Евгеническое общество и журнал прикрыли еще в 1930-м, а Кольцова обвинили в «пособничестве фашизму».

## Наследственные молекулы

Ярче всего гений Кольцова проявился в работе над матричной гипотезой, приведшей к самому крупному достижению биологии XX века — расшифровке генетического кода. Это был итог многолетней работы ученого. В 1927 году 55-летний профессор выступил на III Всесоюзном съезде зоологов, анатомов и гистологов со смелой гипотезой. Он считал, что основу хромосом составляет полимерная молекула. «Ра-

дикалы хромосомной молекулы — гены занимают в ней совершенно определенное место, и малейшие изменения в этих радикалах, например отрыв тех или иных атомов и замена их другими (замена водорода метилом), должны являться источником новых мутаций». Модель исходила из непрерывности «нити жизни», когда наследственная молекула копирует существующую «*omnis molecula ex molecula*» с образованием спаренных комплементирующих полимеров, и роли метилирования в изменении наследственного материала.

Это был прорыв биологии на неведомый, молекулярный, уровень. Кольцова не поняли. В то время химики только приступали к определению молекулярных масс природных полимеров, а иные биологи еще не верили в классическую генетику Менделя и Моргана. Первыми с помощью Тимофеева-Ресовского гипотезу оценили физики. В 1935 году в развитие идей Учителя он со своими немецкими сотрудниками — физиками Карлом Циммером и Максом Дельбрюком определил размер гена, используя теорию мишени. Ген оказался соизмеримым с разме-



**Схема наследственной полимерной молекулы по Н.К.Кольцову (из работы в сборнике «Организация клетки», Биомедгиз, 1936 г.). Показано дуспиральное строение хромосомы перед делением клетки. В окружающем растворе присутствуют мономеры, из которых на матрице собираются отдельные участки-гены**



## ПОРТРЕТЫ

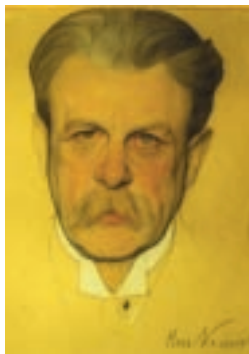
рами молекул. После войны работу продолжили несколько ученых из разных стран. Дальше всех продвинулись британские физики. Первыми коснулись финишной ленточки британец Ф. Крик и ученик Дельбрюка, американский биолог Дж. Уотсон. В 1953 году вышла их совместная работа, закрепившая представление о двойной спирали полимерной молекулы ДНК. В постановке проблемы генетического кода немало сделал физик-эмигрант Георгий Антонович Гамов. Кольцов вновь оказался прав, предсказав еще в 1933 году решающую роль рентгеноструктурного анализа в подтверждении своей теории.

## Уроки Кольцова

Личные научные интересы Кольцова были необычайно широки, однако он считал необходимым расширить их круг с помощью учеников. Диапазон их работ — от высокоурожайной гречихи В. В. Сахарова и до биосоциологии В. П. Эфроимсона. Школа объединяла немало ярких исследователей. Задумывая, продумывая и додумывая многие работы, Учитель не ставил своего имени в статьях учеников.

Нравственный императив директора и его сотрудников в полную силу проявился при атаке Т. Д. Лысенко на институт в 1939 году. К тому времени в печати Николая Константиновича уже называли «пособником фашистов» и лжеученым. Сотрудники держались стойко, а директор не каялся, не «разоружался». Приняв удар на себя, он потерял пост, сохранив институт. Но в семье не без урода: был у него и «научный внук», продукт большевистского режима, «выдвиженец», человек без морального стержня. Обладатель немалых знаний и способностей, академик Дубинин, возглавив советскую генетику после свержения Лысенко, продолжил дело ее удушения. Он умело, по советски, гасил новые направления, не связанные с собственным именем, так и не сумев создать собственной школы. Вот оно, жестокое напоминание о несовместности гения и злодейства.

Носителями высокой морали были не только Кольцов, но и другие великие российские биологи XX века: И. П. Пав-



Портрет Н. К. Кольцова работы Н. А. Андреева

лов, В. И. Вернадский, Н. И. Вавилов. У них сложились дружеские отношения с Кольцовым. Их научные школы взаимно обогащались. Были кольцовско-павловские работы по генетике и зоопсихологии М. П. Садовниковой-Кольцовой и Л. В. Крушинского, Н. В. Тимофеев-Ресовский с учениками успешно развивали «вернадскологию». Еще в бытность Вавилова президентом сельхозакадемии кольцовцы начали работы по генетике кур и шелкопряда (А. Серебровский, Б. Астауров, Н. Беляев, В. Эфроимсон), вывели гречиху с удвоенным набором хромосом. Арест Вавилова в 1940 году и допросы Кольцова по этому «делу» привели к скорому уходу из жизни Кольцова и его жены.

## Забыв в своем отечестве?

Главным научным итогом 2000 года журнал «Science» назвал успех международного проекта «Геном человека». Продолжение этих работ в XXI веке позволит понять природу старения, причины рака и заболеваний иммунной системы. Есть первые достижения в области генотерапии и геной инженерии. Известны успехи молекулярной криминалистики при определении останков Бормана и Романовых. А начало этим триумфальным победам, приведшим к слиянию геномики с евгеникой, положил русский ученый Кольцов в 20-е годы XX века.

Эхо идей Кольцова звучит и в методе пересадки ядер, предложенном в 40-е годы его ныне здравствующим сотрудником Георгием Викторовичем Лопашовым. Работа была прекращена во времена «народного академика Лысенко». Пересадка клеточных ядер лежит в основе современной техники клонирования организмов.

Сегодня, после четверти века молчания, Н. К. Кольцов как бы признан. Созданный Кольцовым институт трудами его верного ученика, академика Б. Л. Астаурова (тому это дорого стоило) носит имя своего основателя. В энциклопедиях Кольцов скромно упоминается автором матричной гипоте-

зы генов, реже — вдохновителем синтетической теории эволюции организмов, радиационного и химического мутагенеза. Забыт и его вклад в обнаружение цитоскелета. А ведь это крупнейшие достижения биологии XX века! Но забывается даже это кучее признание в узком кругу. Вот «прогрессивный» школьный учебник «Общая биология» 1992 года под редакцией члена-корреспондента АН СССР Ю. И. Полянского. На его обложке два главных объекта исследований нашего величайшего биолога — молекулярная модель двойной спирали ДНК, наложенная на изображение клеточки. Кольцов первым в России стал читать курс общей биологии. Но имени Кольцова на страницах учебника нет! А один клеточный биолог и иммунолог, профессор и член почтенной госакадемии, подводя итоги века в научном приложении влиятельной газеты, вспомнил среди отечественных медиков и биологов одного И. П. Павлова, забыв даже одного из основателей иммунологии, Нобелевского лауреата И. И. Мечникова. Стоит ли обижаться на «забывчивых» иностранцев, когда мы сами ведем себя, как роботы-манкурты с отшибленной напрочь национальной памятью, позволяя траве забвенья скрывать имена наших великих граждан!

Когда пророчества Кольцова еще не сбылись, а ученики не успели прославиться, портреты ученого делали крупнейшие скульпторы Вера Мухина и Николай Андреев, с ним переписывался Максим Горький. В свирепые времена «полной и окончательной победы» Т. Д. Лысенко на биофаке Московского университета преподаватели, с риском потерять работу и даже жизнь, цитировали запретного Кольцова, а студенты не принимали «народного академика». Человечеству все равно, кто и в какой стране сделает то или иное открытие. Но нам в сегодняшней униженной и вымирающей России нельзя опускать руки. Нельзя забывать, «что может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать».

### Что еще можно почитать:

Н. К. Кольцов. Организация клетки. М., Л.: Биомедгиз, 1936.  
В. Полянин. Пророк в своем отечестве. М.: «Советская Россия», 1969.







**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ РФ**

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургский ГТУ**

**Российская корпорация «Стинс Коман»**

**ПРОВОДЯТ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИЙ ОТКРЫТЫЙ  
КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**



**К участию в конкурсе приглашаются все заинтересованные организации,  
творческие  
и научные коллективы, а также индивидуальные разработчики.**

Участникам конкурса предоставляются следующие возможности:

- научно-техническая и экономическая экспертиза проекта;
- патентный поиск и правовая защита;
- привлечение инвестиций и выбор схемы финансирования проекта;
- организационно-методологическое сопровождение проекта на всех этапах его жизненного цикла — от идеи до промышленной реализации;
- коммерциализация объектов интеллектуальной собственности.

Проекты, прошедшие предварительную экспертизу, будут включены в реферативный сборник, который будет распространяться среди потенциальных инвесторов.

**По результатам конкурса будут определены дипломанты и победители.**

**ДИПЛОМАНТЫ** будут отмечены премиями и грантами  
в размере от \$5000 до \$50000.

**ПОБЕДИТЕЛИ** получат инвестиционную поддержку  
участвующих в конкурсе инвесторов.

**Срок подачи заявок истекает 1 сентября 2001 года.**

**Подтвердить участие необходимо до 15 июля 2001 года.**

Для доступа к информации об условиях участия в конкурсе и конкурсной документации обратитесь на сайт Министерства промышленности, науки и технологий РФ, к официальной странице конкурса <http://konkurs.stinscoman.com>, или позвоните по телефонам: (095) 463-26-89, 231-30-40, 231-30-50, факс: (095) 465-90-34, координатор проекта — Анна Шушакова.



Доктор биологических наук,  
член-корреспондент РАН

**И.А. Захаров,**  
Институт общей генетики  
им.Н.И.Вавилова РАН

либо признаками человека, морфологическими, физиологическими или психическими. Зато известно, что инактивация митохондриальных генов в результате мутаций служит причиной различных патологических состояний — от наследственной слепоты и глухоты до диабета и старческого слабоумия. Все вызванные митохондриальными мутациями болезни передаются по материнской линии, как и сами митохондрии: их каждый человек получает только от своей матери.

Коллектив под руководством доктора Джека Коэна из Института репродуктивной медицины и науки в штате Нью-Джерси (США) разработал так называемую технику переноса оплодотворенной яйцеклетки (см. рис.). В яйцеклетку женщины, страдающей бесплодием, тончайшей пипеткой вводится сперматозоид мужа (который и произведет собственно оплодотворение этой яйцеклетки) и капля цитоплазмы с митохондриями из яйцеклетки здоровой женщины-донора. Перенесенные митохондрии донора приживляются в яйцеклетке, восстанавливают нормальный уровень энергетического метаболизма клетки и обеспечивают ее дальнейшее нормальное развитие в организме матери, куда возвращается яйцеклетка, подвергшаяся микрооперации.

С 1997 года эту операцию провели на яйцеклетках 30 страдавших бесплодием женщин. У 17 она не привела к беременности, у одной беременность наступила, но прервалась, а 12 женщин родили детей, причем у трех появились двойни. Таким образом, за четыре года только в лаборатории доктора Коэна с помощью нового метода получили 15 детей; столько же — в других лабораториях, освоивших эту технику. Из 15 детей, искусственно зачатых в Нью-Джерси, 13 живут в США, один ребенок в Великобритании (где подобные операции запрещены) и один во Франции. Коэн утверждает, что все дети совершенно здоровы.

Изучение митохондриальной ДНК двух младенцев показало, что в их

## Первые генетически модифицированные дети

**В** начале мая этого года в средствах массовой информации появились сенсационные сообщения о рождении в США первых генетически модифицированных детей. Описание этих экспериментов напечатал журнал «Human Reproduction» (т.16, № 3, с.513). В статье Баррита, Бреннера, Мальтера и Коэна речь идет о процедуре, которая позволяет преодолеть врожденное бесплодие женщин, вызванное дефектом митохондрий. Напомним, что митохондрии — это органеллы, находящиеся в цитоплазме клеток всех животных и растений; они обеспечивают клетки энергией и обладают своим собственным генетическим аппаратом. ДНК митохондрий представлена малыми по размеру

кольцевыми молекулами, которые у человека включают всего лишь 37 генов, совершенно необходимых для нормального функционирования клеток.

Митохондриальный геном всех людей, кроме родственников по женской линии, различен. Это связано с тем, что наследственные изменения, мутации, в митохондриальной ДНК возникают часто, в несколько раз чаще, чем в хромосомных генах. Различия митохондриальной ДНК разных людей дают возможность использовать анализ этой ДНК для генетической идентификации личности и установления родства.

До сих пор неясно, связана ли нормальная изменчивость ДНК с какими-





## КОММЕНТАРИЙ

том, что на этом пути можно зайти слишком далеко, и, сделав сейчас первый шаг, наука вступила на скользкую дорожку. Мне кажется, что нет оснований осуждать эксперименты доктора Коэна или запрещать разрабатанную им методику лечения женского бесплодия. Но надо отдавать себе отчет в том, что после этого первого шага дальнейшие генетические манипуляции с человеческими яйцеклетками (а также со сперматозоидами и эмбрионами) остановить будет труднее.

Именно на основании подобных опасений в Великобритании и в некоторых других странах эксперименты по генетическому изменению зародышевого пути человека запрещены. В США же государство умыло руки, объявив: можете все это делать, но власти такие опыты финансировать не будут. Естественно, что операции доктора Коэна были проведены им не за счет государства.

В поднявшейся дискуссии обсуждается еще одна проблема — не будет ли рожденный по методу доктора Коэна ребенок иметь двух матерей со всеми вытекающими из этого юридическими, моральными и психологическими проблемами. Такие опасения мало обоснованы — от естественной матери ребенок получает примерно 30 000 генов, от женщины-донора — добавленные к ним 37 митохондриальных генов. Соотношение 1000 : 1 снимает проблему происхождения «от двух матерей», не говоря уже о важности той связи, которая устанавливается между естественной матерью и ребенком при его вынашивании. Подсадка до рождения чужих митохондрий с этой точки зрения мало чем отличается от такой рутинной процедуры, как переливания донорской крови только что родившемуся младенцу.

Так или иначе, но сенсационные результаты доктора Коэна оказались самым ярким событием в генетике нового столетия.



клетках действительно присутствуют митохондрии как родной матери, так и женщины-донора. Переноса какого-либо другого генетического материала, кроме ДНК митохондрий, как и ожидалось, не было отмечено.

Сообщение об экспериментах по переносу митохондрий в человеческие яйцеклетки было опубликовано еще в июле прошлого года («Human Reproduction», 2000, т.15, Suppl.2, с.207–217), но только последняя публикация коллектива исследователей из Нью-Джерси вызвала отклики в широкой прессе.

Эксперименты по пересадке митохондрий начали проводить давно. Использовали различную технику — и перенос цитоплазмы с помощью микропипеток, и слияние клеток с безъядерными клеточными фрагментами, и другие методы. Более 30 лет назад автор этой статьи с сотрудниками разработал простой способ переноса митохондрий у дрожжей, получивший название цитодукции, с помощью которого можно получить клетки со смешанной цитоплазмой и ядром только одного из взятых в эксперимент партнеров. В дальнейшем цитодукция была описана и у других одноклеточных организмов.

С генетической точки зрения, если отвлечься от технической стороны дела и естественных биологических различий оплодотворения у дрожжей и человека, можно сказать, что в экспериментах Коэна были получены человеческие цитодуктанты — ядро оплодотворенной яйцеклетки оказывалось в смешанной по происхождению цитоплазме.

Такое состояние генетической гетерогенности цитоплазмы — гетероплазмия, может сохраняться при делении клеток даже на протяжении нескольких поколений. Клетки и организмы, в цитоплазме которых находятся генетически различные митохондрии, обычно называют гетероплазмами.

Самый известный случай гетероплазии у человека был описан в ходе исследования останков царской семьи: оказалось, что Николай II, как и

его рано умерший брат, были гетероплазмами. Генетическая разнородность митохондрий в их клетках стала результатом, разумеется, не пересадки, а мутационного изменения митохондриальной ДНК. Эта мутация возникла либо у их матери, императрицы Марии Федоровны, датской принцессы, либо еще раньше, у их предков по женской линии.

Дети, родившиеся в клинике доктора Коэна, вероятно, сохранят гетерогенность митохондрий в своих клетках в течение всей жизни, а девочки в дальнейшем, возможно, передадут ее и своим потомкам. Именно последнее обстоятельство отличает описанные опыты Коэна от нередко практикуемых пересадок почек, костного мозга или сердца больным людям. При таких операциях гены клеток даже успешно приживленного органа не имеют никаких шансов передаться потомству. Дискуссия, которая развернулась в связи с экспериментами доктора Коэна, как раз и связана с проблемой допустимости или недопустимости вмешательства в зародышевый путь — «генетическую нить», связывающую ряд поколений людей.

Успехи в изучении генома человека таковы, что, вероятно, скоро станет технически возможным конструировать геном будущего ребенка, не только предотвращая развитие у него той или иной болезни, но и придавая ему, например, желаемый цвет волос и кожи или даже музыкальные способности. Опасность заключается в





Осот (желтые цветы) и горец на капустном поле



Блядка в овсе

Фото: руководителя лаборатории гербиологии ВИЗР Н. Н. Луновой

Заросли пырея в посадках картофеля



# Генная инженерия на тропе войны с сорняками

Посадил орхидею,  
но полыни я не сажал.  
Родилась орхидея,  
рядом с ней родилась полынь.  
Неокрепшие корни так сплелись,  
что вместе растут.  
Вот и стебли и листья  
появились уже на свет.  
И душистые стебли,  
и пахучей травы листья  
С каждым днем, с каждой ночью  
набираются больше сил.  
Мне бы выполоть зелье —  
орхидею боюсь задеть.  
Мне б полить орхидею —  
напоить я боюсь полынь.  
Так мою орхидею  
не могу я полить водой.  
Так траву эту злую  
не могу я выдернуть вон.  
Я в раздумье: мне трудно  
одному решение найти.  
Ты не знаешь ли, друг мой,  
как в несчастье моем мне быть?

*Бо Цзюйи, IX век*

В XXI веке ответ на вопрос средневекового китайца звучит так: надо было сажать трансгенную орхидею и поливать оба растения гербицидом сплошного действия. Тогда культурное растение, в которое введен ген устойчивости к гербициду, сохранится, а полынь, равно как и любой другой сорняк, погибнет.

Для России начала XXI века борьба с сорняками особенно актуальна, ведь за девяностые годы предыдущего века были нарушены основные принципы содержания полей: севооборот, обработка хими-

катами, подкормка удобрениями и посев качественных семян. То, как далеко зашел процесс, можно видеть на фотографиях, которые редакции любезно предоставили ученые из Всероссийского института защиты растений: так выглядели типичные поля Ленинградской области летом 2000 года. Из этой ситуации можно выходить двумя путями: либо восстанавливать разрушенную систему земледелия, либо построить нечто принципиально новое. Про это новое речь шла на прошедшей в конце апреля в Институте биоорганической химии РАН международной конференции «Современные направления борьбы с сорняками с использованием новых классов гербицидов и трансгенных растений, устойчивых к гербицидам».

## Без гербицидов половина урожая достается сорнякам

О том, к чему приводит отказ от борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы, красноречиво свидетельствует опыт, поставленный Рязанским НИПТИ РАСХН.

С 1996 по 1998 год ученые выращивали свеклу на трех участках. Один из них по три раза за сезон обрабатывали импортными гербицидами, на другом сорняки удаляли вручную, а третий, контрольный, не обрабатывали вовсе. Оказалось, что на участке, обработанном гербицидами, как и на участке, где пропалывали вручную, свыше 90% сорняков погибли. С обоих участков собрали примерно равный урожай, около 400 цент-

неров с гектара. Контрольный участок, где свекла росла вперемешку с сорняками, дал урожай в два раза меньше — 200 центнеров с гектара.

После 1998 года эксперимент продолжился сам собой: импортные гербициды стали слишком дороги и пришлось от них отказаться. В результате урожайность упала до 230 центнеров с гектара. То есть никакой замены гербицидам в хозяйствах найти не удалось. Видимо, крестьяне могли пропалывать лишь экспериментальную делянку, а вручную удалить сорняки с больших полей им оказалось не под силу. Получается, что надо выбирать одно из двух: либо обрабатывать поля гербицидами, либо отказаться от половины урожая в пользу сорняков.

## Сколько их, сорняков?

По данным ботаников, на российских полях живет более 1500 видов сорных растений. Из них около 300 видов занесены с каких-то других территорий. Как правило, эти чуждые местной флоре растения — наиболее злостны. Еще бы, у них мало естественных вредителей, а порой они оказываются отлично приспособленными к тяжелым условиям. Вот, например, горчак ползучий.

Его родина — засушливые районы Средней Азии. Чтобы там выжить, растение формирует мощную, уходящую вглубь корневую систему. В разных горизонтах почвы располагаются корневища со спящими почками. Огромный запас питательных веществ в корне позво-





**Капуста  
в мокрице**

*Слухач, пошатываясь  
и заплетая кривые ноги,  
ходил кругами, расплескивая  
пригоршнями коричневый  
травой из огромного  
горшка, подвешенного  
у него под животом.  
Трава позади него дымилась  
и жухла на глазах.*

**А. Стругацкий, Б. Стругацкий.**  
*Улитка на склоне*

ляет растению до трех лет переживать неблагоприятные условия, не появляясь над поверхностью.

Аклиматизировавшись в южных районах России, он превратился в опаснейшего вредителя. В самом деле, как с ним бороться? Даже глубокая вспашка срезает лишь малую толику подземных побегов, и через два-три года розетки снова красуются на поверхности весенней земли. Таким растением у нас заражено 400 с лишним тысяч гектаров, а на севере горчак ползучий дошел до Воронежской области.

## Легко ли вырастить зерно в Сибири?

В Западной Сибири на полях живут 300 видов сорняков. Самые вредные — корнеотпрысковые, среди которых осот полевой, бодяк полевой, овсюг, — обитают здесь повсеместно. Сильно осложняют жизнь крестьянам куриное просо и щетинники. Произрастают и местные виды, например сибирский шлемник. Потери урожая (а здесь выращивают в основном пшеницу) от сорняков — 25–30%.

Ученые из Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства провели эксперимент: опрыскивали посе́вы яровой пшеницы тем или иным гербицидом. Оказалось, что если уничтожить ядохимикатами 70–80% двудольных сорняков, то биомасса сорняков другой группы, просовидных, увеличится на 19–38%. На другом поле ученые обработали посе́вы препаратом из нескольких герби-



**Бодяк,  
процветающий  
на заброшенном  
поле**



ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА

цидов, чтобы подавить рост всей сорной флоры. Им удалось сразу уничтожить 99% злаковых сорняков, 55% малолетних двудольных и 70–80% корнеотпрысковых. В результате урожай пшеницы вырос в среднем на 7 центнеров с гектара. Но если применить самые современные ядохимикаты и удобрения, можно повысить урожай и до 19 центнеров с гектара.

## Живущие в одной нише

Ученые из Всероссийского института растениеводства им. Н.И.Вавилова изучают сорняки Нечерноземной зоны России без малого сто лет. За это время у них сложилось представление о том, что сорняки и культурные растения занимают одну и ту же экологическую нишу. А ниша эта называется «нарушенное местообитание», то есть место, где природную растительность уничтожил человек или другие факторы среды. Совместная жизнь культурных и сорных растений не позволяет избавиться от последних: пока есть нарушенные местообитания, например пашня, обочина дороги или мусорная куча, будет существовать и экологически приуроченные к ним растения. Более того, поскольку на земном шаре почти не осталось участков, не затронутых человеком, именно эта группа растений в отдаленном будущем возобладает в растительном покрове планеты.

Когда же сорные растения оказались на одном поле с культурным? Для этого следует заглянуть во времена отступления ледника с территории Евразии. Низкие температуры, резко континентальный климат и большие открытые пространства создали условия для всплеска численности своеобразной группы растений с малой конкурентоспособностью, однако сумевших первыми освоить обнаженную землю. Со временем одна часть их вымерла, а другую лесные и луговые растения оттеснили в убежища: на оползнях, морские берега, пожарища, кротовины и т.д. Там они и ждали своего часа.

Вокруг стоянок человека почва отличается от лесной — она засолена, в ней много органики, а растения вытоптаны. Еще в период собирательства, в нижнем палеолите, человек вольно или невольно приносил с собой семена растений. Те, что привыкли жить на нарушенных местообитаниях, прорастали и сели-

лись по соседству. Вероятно, некоторые виды положительно отреагировали на смену условий крупными плодами. Из них и получились потом культурные растения. А их соседи стали сорняками. Не случайно археологи находят в желудках древних людей семена многих нынешних сорных растений.

В дальнейшем для культурных растений человек создавал благоприятные условия, добывая их изменения в нужном для себя направлении. Сорняки же эволюционировали под влиянием целенаправленного уничтожения. Результат оказался плачевен: если сорт культурного растения живет 30–40 лет и занимает небольшую площадь, то какая-нибудь амброзия полыннолистная, злостный сорняк, занесенный в Россию в 10-х годах XX века, освоила уже пять миллионов гектаров на юге страны и способна продвинуться аж до 60-й параллели.

Стремясь ускользнуть от гибели при многократной обработке полей, некоторые сорняки стали однолетними и производят множество очень мелких семян. Например, у амаранта с Дальнего Востока их более полумиллиона на растение. Прорастают они недружно, что гарантирует появление всходов в течение всего лета, а созревают раньше культурных, осыпаются до уборки и засоряют почву. Сорняки-заамбарники приспособили свой цикл к циклу культурного растения. Человек сам убирает семена заамбарника, хранит их зимой, а потом еще и высевает в удобренную землю. Однажды возникнув, они сопровождают культурное растение по всему свету. Например, просанка рисовидная проследовала за рисом из Юго-Восточной Азии к нам в Краснодарский край.

Многолетние сорняки изменились так, что механические средства борьбы — пахота, обработка междурядий — только способствуют их размножению. Когда плуг разрезает корневище пырея, мать-и-мачехи, тысячелистника или отрезает кусочки корневых отпрысков у бодяка, вьюнка, горчака, осота, то он дает начало новому растению. Осот так приспособился к вспашке, что его корни ломаются от несильного прикосновения, а даже трехсантиметровые отрезки их вполне жизнеспособны.

Вот таким образом сорные растения за счет искусственного отбора быстро эволюционировали и научились побеждать в битве за урожай, которую ведет человек. Поэтому многие исследователи считают, что искоренить их нельзя, а можно лишь регулировать численность.

«Не говори вздора, —  
фыркнул Бруччо... —  
Корни. Только и всего.  
Сильно видоизмененные,  
конечно, но все равно  
корни. Задумали  
пробраться  
под Периметром...  
А вся опасность в том,  
что они служили как ходы  
для штурма. Каждый  
корень внутри испещрен  
ходами, в них живут два  
или три вида животных,  
своего рода симбиоз».

Гарри Гаррисон.  
Неукротимая планета

— А коли ты огородник, что ж ты сердисься,  
когда тебя зовут несчастным? — говорит  
Эзоп. — Так ты, стало быть, хочешь  
узнать, почему ты свои растения  
и сажаешь, и окапываешь,  
и поливаешь, и ухаживаешь  
за ними, как можешь, — и все-таки,  
говоришь ты, сорные растения  
вылезают из-под земли быстрее?  
Земля для тех, кого сама родит, будет  
матерью, а для тех, кого ты в нее  
сеешь, — мачехой; поэтому она  
и кормит их так, чтобы лучше росли  
ее родные питомцы, чем тобою  
посаженные приемыши.

Эзоп. Басни



Дикое просо

## О трансгенных растениях, устойчивых к гербицидам

Как же следует бороться с сорняками в начале XXI века? Вот мнение Е.П. Угрюмова из Краснодарского ВНИИ биологической защиты растений РАСХН. Впрочем, оно почти не отличается от мнения других ученых, которые занимаются созданием трансгенных культур.

Каждый садовод и огородник борется с сорняками. Цветочный горшок или грядку с клубникой можно прополоть вручную, но на большой площади посевов это сделать трудно. Задача осложняется тем, что время, отпущенное на уничтожение сорняков, ограничено: чем дольше сорняк растет рядом с культурным растением, тем больше он отнимает у последнего сил и соответственно снижает урожай. Быстро и одновременно уничтожить большинство сорняков сразу на всем поле можно гербицидами избирательного действия, которые начали применять в шестидесятые годы XX века.

Однако вскоре выяснилось, что такие гербициды не панацея. Каждый из них действует на определенную группу растений. Поэтому, уничтожив одни сорняки, человек освобождает пространство другим. Приходится применять смеси гербицидов, изобретать сложные схемы обработки, ведь убивать сорное растение нужно в строго определенное время — когда у него появились первые 4–5 листочков. Упустив срок, например, из-за дождей или отсутствия горючего, битву за урожай можно считать проигранной.

Впрочем, есть и более эффективные вещества, способные губить все сорняки и в любом возрасте. К сожалению, они уничтожают любые, в том числе культурные, растения. Их называют гербицидами сплошного действия, а применяют там, где хотят получить голую землю: расчистить беговую дорожку или вывести растительность на железной дороге.

Трансгенные растения, устойчивые к гербициду сплошного действия, без последствий выдерживают дозу, убивающую все окрестные сорняки. При этом сою или кукурузу удастся надежно защитить от сорных растений с помощью од-

нократной химической прополки. А для свекловодов создание трансгенных сортов стало просто спасением. Сахарная свекла растет медленно; за это время на поле одно за другим вылезают несколько поколений сорняков. Тут-то и помогают гербициды сплошного действия, которые можно без вреда для трансгенной свеклы применять в течение всего лета.

Однако появление трансгенных сортов не избавляет людей от необходимости думать, как и какие гербициды можно использовать. Ученые должны постоянно следить за тем, чтобы трансгенные сорта не потеряли устойчивость к гербициду, а сорняки ее не приобрели.

## Самооборона растения от химии

Как может возникнуть устойчивость к гербицидам? Вот один пример: ученые из Международного биотехнологического центра при МГУ исследовали действие гербицида параквата (метилвиолгена), который вызывает окислительный стресс. Возникающие под его влиянием свободные радикалы окисляют белки, нуклеиновые кислоты, липиды клеточных мембран, в общем, наносят клетке такие повреждения, которые могут оказаться смертельными.

От окислительного стресса растению помогает антиоксидантная система защиты, которая есть в каждой живой клетке. Чтобы разобраться в механизмах ее генной регуляции, изучают самые простые организмы. Например, цианобактерию *Synechocystis*, геном которой полностью расшифрован.

Ее антиоксидантные ферменты кодируются четырьмя генами: *sodB*, *grxA*, *grxB* и *katG*. Еще один белок, вырабатываемый геном *prqR*, их выключает. Но под воздействием параквата белок *prqR* сам окисляется и перестает подавлять антиоксидантные ферменты. Система включается, клетка противостоит окислительному стрессу, и ее устойчивость к гербициду возрастает.

В лаборатории ученые получили мутантную форму цианобактерий, которая была очень устойчива к параквату. Причина: в

белке *prqR* одна аминокислота поменялась на другую. Такой белок не подавляет антиоксидантную систему, и она всегда находится в боевой готовности. Если вставить мутантный ген *prqR* в геном культурного растения, это повысит его устойчивость к параквату. С другой стороны, в сорняке такая мутация может получиться случайно. Тогда он выживет при химической обработке и даст устойчивое к гербициду потомство.

## Сверхсорняков не стоит опасаться

Ученые из новосибирского Института цитологии и генетики СО РАН, московского Центра «Биоинженерия» РАН и благовещенского НИИ сои установили — передача каких-либо генов трансгенной сои в геном дикой практически невероятна. А изучали они сою, устойчивую к глифосату, действующему веществу гербицида сплошного действия «Раундап».

Предки культурной сои не сохранились, но существует родственный ей вид — дикая соя. В России она растет на Дальнем Востоке. Теоретически возможно, что дикая соя, случайно опыленная трансгенной пылью, даст начало новому виду сверхсорняков.

Соя — самоопыляющееся растение. Ее мелкие невзрачные цветочки раскрываются уже после того, как пыльца созрела и высыпалась на рыльце пестика. Но дотошные ученые не полагаются на милость природы. Они установили, что в исключительных условиях, например при повышенной влажности или необычно высокой температуре, около 2% соевых цветков могут раскрываться до опыления. Что, если ветер подхватит пыльцу и понесет ее к другому цветку?

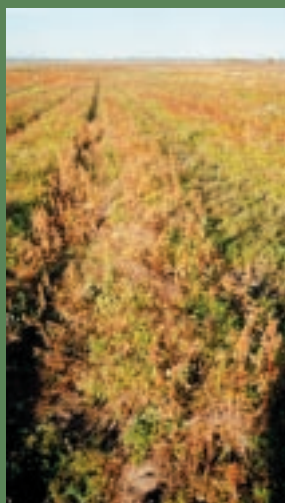
Чтобы ответить на вопрос, исследователи специально сажали вперемежку оба вида. Они проверили несколько сотен семян, образовавшихся на дикой сое, но ни одно из них не дало устойчивого к гербициду растения. А возможно ли скрещивание между дикой и культурной соей в принципе? Виды-то хоть и близкие, но разные.

Ученые проверили и это. У диких цветков они удалили тычинки задолго до со-





*Марь красная  
на морковном поле*



*Посевы  
петрушки*

*Заросли амаранта  
в моркови*

зревания пыльцы, а затем опылили их пыльцой трансгенной сои. Межвидовое скрещивание оказалось малопродуктивным: от 54 опылений ученым удалось получить лишь два семечка, а проросло только одно. Получившийся гибрид, равно как и его потомки, устойчивость к гербициду не унаследовал — ген устойчивости потерялся. Кстати, стоит учесть, что один вид сои цветет на месяц позже другого.

## Как испытывали трансгенную сахарную свеклу

В нашей стране три года проверяли два сорта свеклы: NM-1807-RR и NM-1809-RR, устойчивые к гербициду «Раундап», которые разработали специалисты из американской компании «Монсанто». Такая проверка нужна, чтобы разрешить использование семян трансгенного растения.

На первом этапе ученые из Центра «Биоинженерия» РАН убедились, что в геноме свеклы есть комбинация *StoV+gus*, состоящая из промотора (участка ДНК) вируса мозаики цветной капусты и гена *gus* кишечной палочки. Дело в том, что ген устойчивости к «Раундапу» (*epsps*), изготовленный учеными, сцеплен с этой генной конструкцией. Поэтому считается, что там, где присутствует комбинация *StoV+gus*, присутствует и данный ген. Во всех образцах листьев свеклы такую комбинацию нашли.

На втором этапе следовало посмотреть, как генная конструкция работает. Для этого на опытных делянках в Московской области и в Краснодарском крае выращивали трансгенные сорта, обрабатывая их «Раундапом» и пропалывая вручную. Контролем служил сорт Эмма в тех же условиях. «Раундап» применяли три раза за сезон в концентрации 3,0 л/га. Надо сказать, что исходно сорняков было очень много, 370–550 растений на 1 м<sup>2</sup>. Трансгенные сорта свеклы выдержали обработку гербицидом: урожай на этих делянках был таким же, как при ручной прополке. Зато бедная Эмма от «Раундапа» вся погибла.

Затем ученые изучали, отличается ли действие трансгенной свеклы на жизнь

экосистемы от действия обычных растений. Для этого они сравнили видовой состав почвенных патогенных грибов — важной части экосистемы почвы — на тех и других растениях. Выяснилось, что отличие незначительно: грибы поражают все всходы в равной степени.

Наконец, проверили гипотезу о возможном переносе встроенного гена в геномы других организмов, например тех же грибов-паразитов. Для этого выделили ДНК из проростков свеклы и мицелия грибов. Первое, что ученые увидели, были отчетливые различия между ДНК обычной и трансгенной свеклы. Но в то же время ДНК грибов, взятых от обычных и от трансгенных растений, не отличались.

На основании этих работ ученые подготовили заключение, которое будут учитывать при выдаче разрешения на использование трансгенных семян. Однако такое тестирование касается только самих растений, но не продуктов из них. Проверить влияние трансгенной продукции на организм человека и животных — это уже другая задача.

## Как проверяют трансгенную пищу

Прежде чем пищевой продукт, полученный из трансгенных растений, поступит на наш рынок, эти растения должны пройти государственную проверку и регистрацию. Этим занимается несколько организаций, каждая из которых проводит свою часть испытаний. Например, за генетическую оценку отвечает Центр «Биоинженерия» РАН и Медико-биологический научный центр РАН, медико-биологическую оценку дает Институт питания РАН, НИИ вакцин и сывороток им. И.И.Мечникова и Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана, наконец, технологическую оценку обеспечивает Московский государственный университет прикладной биотехнологии Минздрава РФ. Полная проверка одного пищевого продукта занимает до двух лет. Процедура такова. Сначала определяют композиционную эквивалентность: по химическому составу (если не считать новый белок) и пищевым свойствам про-

дукт с модифицированными генами не должен отличаться от обычного. Но композиционная эквивалентность не гарантирует безопасности: не исключено, что новый белок будет неблагоприятно действовать на человека или животное. Это так называемый заданный эффект: белок известен, его легко проконтролировать и оценить аллергенность, токсичность, влияние на иммунную систему, а также проверить на отдаленные последствия — канцерогенность и мутагенность.

На втором этапе изучают возможные «незаданные эффекты» генетической модификации: вдруг вставка генетической конструкции приведет к тому, что нарушится синтез клеточных веществ. В клетках растений есть много вторичных метаболитов, например токсичных алкалоидов, гликозидов или других биологически активных веществ. Если из-за вставки ферменты станут работать по-другому, их количество или состав может измениться и растение станет ядовитым. Тут приходится оценивать общее влияние. Его определяют по показателям роста лабораторных животных, анализируют изменения в иммунной системе, а также исследуют эффективность работы защитных систем их клеток (антиоксидантной и других).

К середине 2001 года в нашей стране по этой схеме прошли полную проверку два вида культурных растений: соя 43-2 и кукуруза JA-21 фирмы «Монсанто», устойчивые к гербициду «Раундап».

Конечно, хорошо бы научиться выращивать высокие урожаи и без гербицидов — это было бы лучше и для экономики и для здоровья. Однако пока это не получается и совершенно не очевидно, что получится когда-нибудь. Но людей становится все больше, и все они хотят есть. Значит, и далее придется повышать эффективность земледелия. Генетики, которые конструируют новые растения, считают, что применение гербицидов сплошного действия и устойчивых к ним трансгенных растений — основа сельского хозяйства XXI века. Возможно, так оно и есть. Во всяком случае, в 2000 году площади под трансгенными культурами в мире превысили 40 млн. гектаров, что равно двум территориям Белоруссии. В России, однако, трансгенные растения пока что не выращивают — на территории нашей страны ни один трансгенный сорт к использованию не разрешен.





# Время, развитие, человек

**Н.Н.Воронцов**

Публикуется в сокращении.

Читателям «Химии и жизни» известно, что время от времени (а точнее, регулярно) наш журнал обращается к проблемам эволюционизма, представляя как классиков этой области биологии, так и наших современников, специалистов по теории эволюции, популяционистов, генетиков. Вот только некоторые из имен ученых, работы которых мы публиковали в последние годы: П.А.Кропоткин, В.П.Эфроимсон, С.В.Мейен, А.А.Любичев, М.Д.Голубовский, Б.М.Медников, Л.И.Корочкин, Р.Левонтин (США), лауреат Нобелевской премии Ф.Жакоб (Франция).

К числу выдающихся ученых-эволюционистов второй половины XX столетия безусловно принадлежит и недавно ушедший из жизни Николай Николаевич Воронцов. Ученый с мировой известностью, академик, вице-президент РАЕН, ино-странный член Королевской Шведской академии наук и Американской академии наук и искусств, автор более 550 научных работ, лауреат Госпремии СССР. Впрочем, гордился Воронцов не званиями и наградами, а тем, что он ученик и последователь Н.В.Тимофеева-Ресовского, С.И.Огнева, Б.С.Виноградова — блестящих отечественных биологов.

Его отличала кипучая и разнообразная деятельность: профессор

кафедры биофизики физфака МГУ, руководитель лаборатории Института биологии развития им. Н.К.Кольцова, вице-президент Союза научных обществ России, вице-президент Комиссии по проблемам загрязнения Мирового океана. И еще, и еще. И не забудем, что первым министром экологии и природы в последнем правительстве СССР был именно Н.Н.Воронцов.

Некоторое время назад в издательстве «Прогресс-Традиция» вышла книга Н.Н.Воронцова «Развитие эволюционных идей в биологии», представляющая собой изложение курса по теории эволюции, который автор читал на кафедре биофизики физфака МГУ. Эта книга — обобщающий результат многолетней деятельности Н.Н.Воронцова как эволюциониста, анализ многочисленных данных, накопленных к настоящему времени в этой области знания, раздумия по поводу будущего эволюционной теории и развития науки вообще.

Мы считаем полезным ознакомить наших читателей (в этом и следующем номерах журнала) с небольшими фрагментами из книги Н.Н.Воронцова, которую, кстати, он начал следующими словами: «Эта книга рассчитана на интеллигентного читателя...»





Художник П. Перевезентцев

О том, как произошла жизнь, знают лишь академик Опарин и Раиса Львовна Берг, а я был маленький, я не помню.

Н.В.Тимофеев-Ресовский

**И**дея историчности развития, идея эволюции принадлежит к числу немногих фундаментальных идей не только естествознания, но и всех наук, в том числе и общественных. Но именно в биологии эволюционная идея, доказанная Чарльзом Дарвином, стала краеугольной, отсюда по-

шло распространение эволюционной идеи в другие дисциплины вплоть до языкознания. Дарвинизм оказал глубочайшее воздействие на мышление конца XIX века и нашего столетия. Он повлиял не только на естествознание, не только на общественные науки, но и на политическое мировоззрение общества. Вместе с тем современная эволюционная биология, в первую очередь благодаря синтезу с генетикой, далеко ушла от дарвинизма конца XIX века. Сегодняшние открытия в области молекулярной биологии, генетики и многих других дисциплин готовят почву для нового синтеза в истории эволюционизма.

Сколь ни велики заслуги гения Дарвина, мы должны помнить и о его предшественниках, причем не только прямых. В науке, в сущности, не так много фундаментальных идей: материализм и идеализм, стабильность и лабильность, дискретность (прерывистость) и континуальность (непрерывность). Каждое новое поколение ученых и мыслителей добавляет к немногим фундаментальным идеям тысячи конкретных фактов и десятки частных закономерностей. Идея эволюции, трансформизма возникла за тысячи лет до Дарвина. Эволюционная идея не исчерпана Дарвином. Она оказывает влияние на познание природы и закономерностей развития общества.

Эволюционная идея в естествознании, знаменующая собой коренной поворот не только в науке, но и в мышлении современного человечества, в достаточно цельном и убедительном виде была сформулирована и принята лишь в XIX веке. В науках о Земле эта идея была обоснована выдающимся английским геологом Чарльзом Лайелем в 1830–1833 годах, а в науках о жизни эволюционизм восторжествовал после опубликования в 1859 году книги младшего коллеги и ученика Лайеля Чарльза Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора».

Историческая заслуга Ч.Дарвина состоит не в том, что он указал на существование биологической эволюции — об этом писали многие мыс-

лители задолго до Дарвина, — а в том, что он вскрыл материальные факторы эволюции (наследственность и изменчивость) и один из ее движущих факторов (естественный отбор) и тем самым доказал существование эволюции органического мира.

## Развитие и время происхождения жизни

Созданная в 20–40-х годах XIX века стратиграфическая схема\* претерпела за вторую половину XIX и первую половину XX века очень мало принципиальных изменений. Был добавлен лишь ордовикский период (между кембрием и силуром), а в остальном схема оставалась неизменной. Нет, сотни палеонтологов и биостратиграфов работали не зря. Для каждого из периодов были исследованы и разработаны членения на соподчиненные периодам слои, ярусы и так далее. Однако в силу не очень понятных причин все скелетные организмы появились (почти одновременно) в кембрии, и представленная бесскелетными организмами жизнь в докембрии оставалась неизученной. Вместе с тем в кембрии имелись уже представители почти всех (кроме хордовых) типов животного царства. В ордовике к ним добавились и хордовые.

Когда возникла жизнь, в каких формах она существовала в докембрии, продолжительность которого составляет 7/8 истории нашей планеты?

Важнейшие открытия были сделаны во второй половине XX века. В 1947 году Р.Спригг открыл в Австралии докембрийскую фауну бесскелет-

\* Стратиграфическая схема — это основанная на данных исторической геологии общая сводная последовательность формирования культурных слоев. Здесь, в частности: кембрий — первый период палеозоя (начало — около 570 млн. лет назад, продолжительность — 70 млн. лет), ордовик — второй период палеозоя (500 млн. лет назад, длительность около 60 млн. лет), силур — третий период палеозоя, начавшийся около 440 млн. лет назад и длившийся 30 млн. лет. (Грим. ред.)



ных организмов — медуз, червеобразных двусторонне-симметричных животных (фауна эдиакария). На севере Русской платформы, в ископаемых слоях ила и песка были найдены отпечатки следов разнообразных радиально- и двусторонне-симметричных животных. Это позволило Б.С.Соколову выделить новый период — венд (по имени древнеславянского племенного венодов) — позднейший период докембрия. Хронология стратиграфически изученных слоев сдвинулась с 570 млн. лет (начало кембрия) на 100 млн. лет вглубь.

Успехи палеомагнитологии, радиохимического анализа позволили к 70–80-м годам XX века определить возраст земной коры в 3,9 млрд. лет. По-видимому, Земля возникла около 4 млрд. лет назад, 100 млн. лет потребовалось на ее остывание, формирование коры, океана, первичной атмосферы.

Когда же на Земле возникла жизнь? Имеются убедительные данные, позволяющие утверждать, что прокариоты (бактерии) существовали 3,5 млрд. лет назад. Все больше появляется свидетельств того, что жизнь на Земле возникла 3,8 млрд. лет назад. Если это так, то на становление сложной структуры генетического кода и биосинтеза белка (ДНК — РНК — белок), обратной транскрипции (РНК — ДНК), сложной ферментативной и структурной регуляции клеток прокариот остается около 100 млн. лет. Это ничтожный в геологическом плане промежуток времени: 100 млн. лет назад в середине мелового периода уже существовали все классы современного царства животных, многие ныне живущие отряды насекомых, рыб, амфибий и рептилий и даже некоторые современные семейства. Создается впечатление, что буквально сразу после остывания земной коры на нашей планете возникла жизнь. Как будто бы к планете стоило лишь поднести спичку, чтобы на ней вспыхнуло пламя жизни!

Многие эволюционисты предпочитают вообще не обсуждать тему возникновения жизни. Н.В.Тимофеев-Ресовский вообще отвергал саму возможность научной дискуссии по этому поводу (см. его шутку, приведенную в эпиграфе).

Что нам ясно сейчас в этой сложнейшей проблеме? Первичные организмы были, по-видимому, гетеротрофами, то есть использовавшими для питания готовые (другие) органические вещества. Поэтому возникновение жизни на Земле — это не только эволюционный, но и экологический процесс! Жизнь сразу же должна была существовать

в виде хотя бы простейших, но многовидовых экосистем, с подразделением на хищников и жертв, с пищевыми цепями, пусть и примитивными. Возникновение хемотрофности как способа автотрофности, когда бактерии образуют органические вещества за счет энергии, получаемой при окислении неорганических соединений, а затем и возникновение фотосинтеза среди синезеленых (цианобактерий) позволило резко усложнить структуру первичных экосистем, привело к расчленению биосферы на разнообразные экосистемы. Рост видового биоразнообразия увеличил устойчивость экосистем. Рост экосистемного разнообразия повысил устойчивость биосферы, привел к увеличению биопродуктивности экосистем и биомассы биосферы. Но понимание экологической составляющей в проблеме возникновения жизни не приближает нас к решению вопроса о происхождении жизни на Земле.

Шведский физико-химик Сванте Аррениус в 1895 году выдвинул гипотезу панспермии — переноса «зародышей жизни» в космическом пространстве. В опытах русского физика П.Н.Лебедева, открывшего давление света, Аррениус увидел механизм, который мог обеспечить перенос «спор жизни» от одного космического тела к другому. Сторонником этой концепции был и наш выдающийся соотечественник В.И.Вернадский, считавший жизнь вечным явлением. Ведущий микробиолог и эколог Г.А.Заварзин в своей книге в завуалированной форме солидаризуется со взглядами Вернадского о вечности жизни во Вселенной.

Обнаружение следов ископаемых прокариот в метеоритах в наши дни, казалось бы, дает новый материал для возрождения гипотезы панспермии.

Однако гипотеза Аррениуса и позиция Вернадского были сформированы тогда, когда большинство ученых исходило из представления о вечности Вселенной. Концепции «разбегающейся Вселенной», «большого взрыва» были созданы до гипотезы Аррениуса, но не обсуждались Вернадским. Сейчас большинство астрономов и физиков признает концепцию Фридмана–Гамова, а вопрос о том, был ли этот «большой взрыв» 12 или 20 млрд. лет назад, с методологической точки зрения несуществен. И если гипотеза панспермии в ее метеоритном варианте справедлива, то она лишь отдалает срок возникновения жизни, расширяет ее ареал до других планет Солнечной системы или даже до галактик, но не решает принципиально вопрос о путях и формах возникновения жизни.

## Биологические предпосылки эволюции человека

Еще лет 30 тому назад считалось, что процесс возникновения рода *Номо* происходил лишь на протяжении четвертичного периода, называвшегося также антропогенном — веком человека. С эволюционной точки зрения столь быстрые темпы эволюции крупного млекопитающего, приведшие к возникновению нового рода и даже семейства, представлялись парадоксальными.

По современным данным, эволюция человека как представителя рода *Номо* насчитывает около 4 млн. лет. То есть человек возник в конце третичного периода в плиоцене. Подтверждающие это открытия были сделаны в Центральной Африке супругами Луисом и Мэри Лики, их сыновьями Ричардом и Джонатаном Лики и южноафриканским биологом Филиппом Тобайасом. Раскопки продолжают и приносят все новые результаты.

Переход к прямохождению, социальность были важнейшими предпосылками для возникновения таких характерных для человека особенностей, как изготовление орудий и развитие языка в качестве средства коммуникации. Я бы не стал здесь включать в число человеческих признаков труд, как то делал Ф.Энгельс, поскольку отличить охотничий и собирательский труд древнего человека от охотничьей и собирательской активности диких млекопитающих (не только приматов) совсем не просто. (Орудийная деятельность свойственна ряду животных, не только приматам. Известно, что представители одного из видов вьюрков с помощью специально отломленных от кактусов колючек зондируют кору деревьев, добывая этим орудием личинок насекомых. Калан (*Enhydra lutris*) использует небольшие камни для разбивания панцирей морских ежей. Ныряя за очередным ежом, калан нередко сохраняет свое орудие под мышкой, с тем чтобы, вынырнув с очередной жертвой, вновь использовать камень.)

В эволюции класса млекопитающих антропогенез был лишь звеном единого процесса параллельной эволюции разных групп, начавших в миоцене завоевывать открытые пространства. Открытые ландшафты — степи, саванны, прерии — смогли появиться на Земле и занять на ней обширные площади лишь после возникновения и широкого распространения однодольных растений, способных образовывать плотную дернину. Возникновение однодольных, в

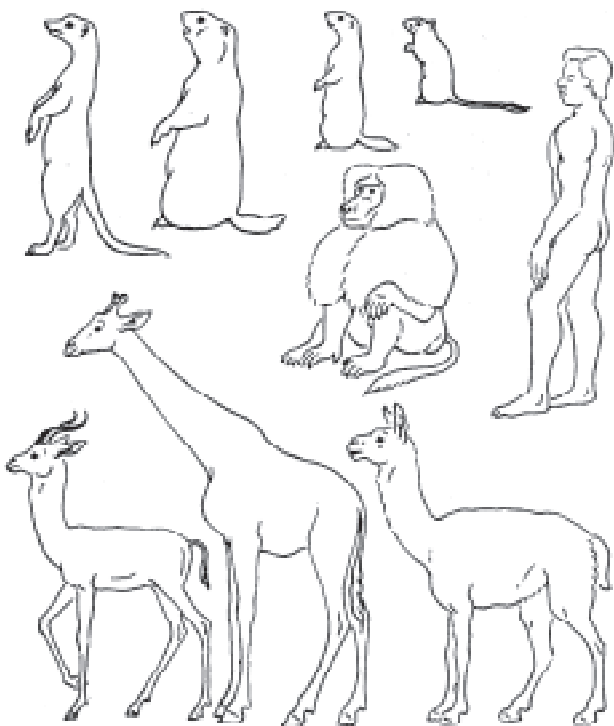




## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

### 1 Различные эволюционные пути улучшения обзора при освоении открытых ландшафтов

*а — е — за счет вертикальной позы: прямостояния (а — г), приседения (д) и прямохождения (е); ж — и — за счет удлинения шеи; а — виввера-суриката; б — сурок; в — суслик; г — большая песчанка; д — павиан; е — человек (Ното); ж — антилопа-геренук; з — жирафа; и — лама (рисунок Ю. М. Смирин)*



сочетании с несколько возросшей сухостью климата, послужило предпосылкой для начавшегося во второй половине третичного периода, в миоцене, и продолжавшегося и в плиоцене великого процесса остепнения суши. Появление степей, саванн создало новые адаптивные зоны на Земле. Часть лесных млекопитающих осталась в сокративших свою площадь лесах; часть, испытывавшая более жесткий отбор в связи с освоением новых ниш и потому претерпевшая более быструю эволюцию, стала осваивать открытые ландшафты.

Все группы животных, завоевывая открытые пространства, попадают в условия среды, почти лишенной укрытий. Грызуны (песчанки, тушканчики, суслики, сурки) идут по пути усложнения строительной деятельности, выкапывая норы, реже — сооружая достаточно сложные с инженерной точки зрения стенки из камней, скрепленных пометом. Другие более крупные формы переходят к кочевому образу жизни, совершая значительные миграции (это — антилопы, лошади, зебры).

Выход на открытые пространства, завоевание степей вели к резкому увеличению размеров стада, переходу от семейно-группового к стадно-стайному образу жизни. Это резкое увеличение размеров стада связано с переходом от круглосуточного или сумеречного к дневному образу жизни.

Увеличение численности стада ведет к дифференциации функций между его членами, к усложнению иерархии внутри этого социума. Усложне-

ние коммуникаций, укрупнение социальных (в этологическом смысле этого понятия) групп ведет к тому, что на смену одним сигналам из внешнего мира, игравшим ведущую роль, приходят другие сигналы, воспринимаемые другими органами чувств.

В закрытом ландшафте — в лесу — запах сохраняется дольше, чем в продуваемых ветром открытых пространствах. Вот почему запах и обоняние, столь важные в коммуникации лесных животных, в саваннах, степях и тундрах уже не могут играть столь существенной коммуникативной роли при контакте на большом расстоянии между многими десятками и сотнями животных.

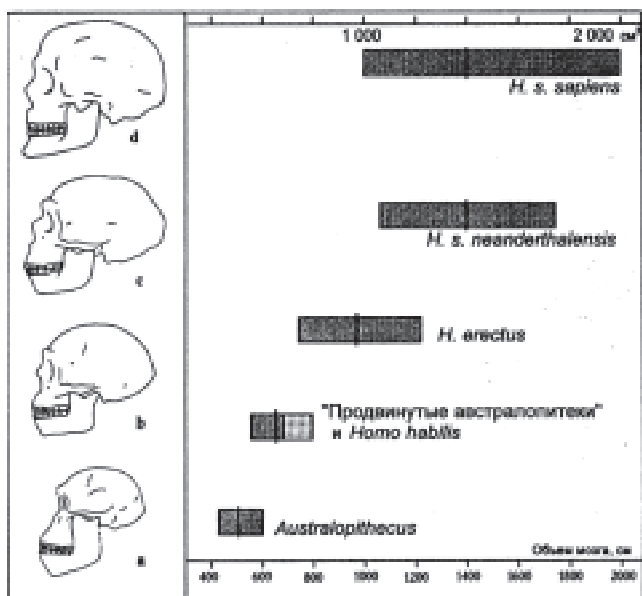
Зрение — достаточно быстрый способ улавливания информации от ограниченного числа сочленов — не может выдержать сравнения со слухом при увеличении размеров стада. Впрочем, если стадо ориентировано на одного единственного «вождя», то зрительные сигналы от него могут играть существенную роль в жизни стада на открытых пространствах. Однако для коммуникаций между многими членами стада звуковой сигнал гораздо важнее, чем жест. В итоге при завоевании открытых пространств запах и обоняние, жест и зрение отходят на второй план, уступая первенство звуковому сигналу и слуху.

Звуковая коммуникация независимо возникает в разных группах млекопитающих, освоивших открытые пространства. При этом у некоторых обитателей открытых ландшафтов

формируется относительно сложная система звуковой коммуникации, состоящая из нескольких десятков смысловых сигналов. Сравним относительно однообразные звуковые сигналы лесных белок с богатой звуковой палитрой их близких степных родичей — сусликов (*Spermophilus*) и сурков (*Marmot*). Среди такой «неговорливой» группы грызунов, как полевки (*Microtinae*), звуковая сигнализация возникает у обитателя степей Монголии и Забайкалья — полевки Брандта (*Lasiopodomys brandti*), характеризующейся, в отличие от большинства других полевок, ярко выраженным общественным образом жизни.

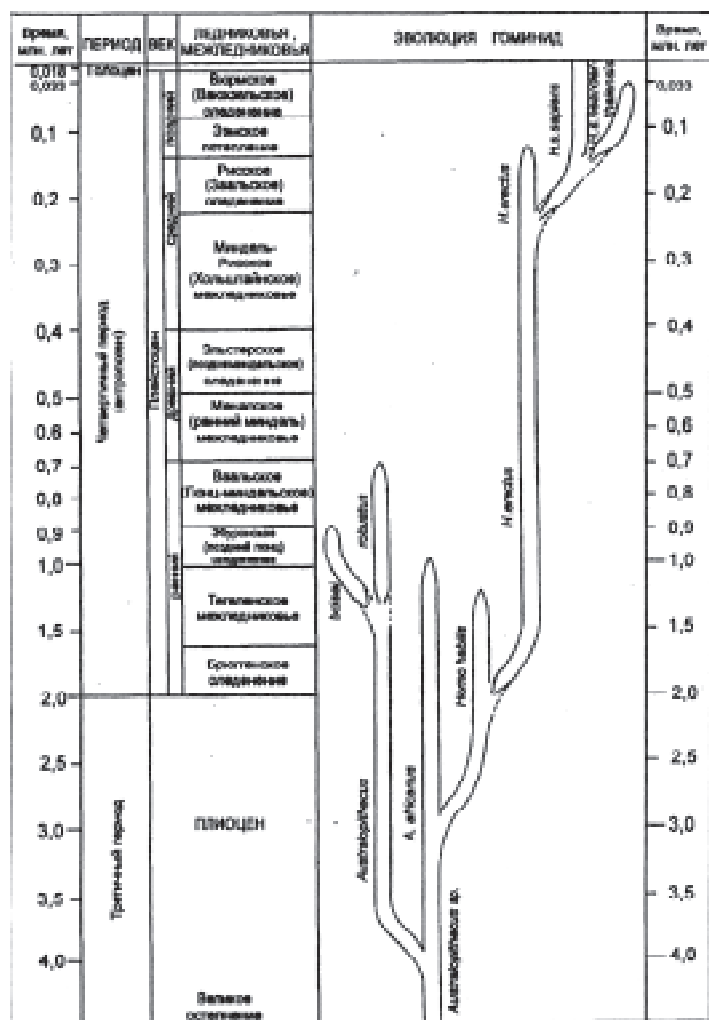
Тенденция возникновения прямохождения, освободившая руки «для труда», свойственна не только нашим предкам. Улучшение обзора у одних жителей открытых пространств достигалось резким увеличением длины шей — жирафы, геренук (*Litocranius walleri*) среди антилоп. Многие группы млекопитающих достигли тех же целей за счет прямохождения. Стоячая поза на задних ногах, «столбиком», характерна именно для колониальных животных открытых пространств (конкретные примеры — на рис. 1). В отряде приматов — это (частично) жители открытых ландшафтов колониальные павианы, а также предки человека — австралопитековые.

Численность группы у лесных видов всегда меньше, у видов открытых пространств — больше. В большом стаде устанавливается сложная иерархия. Функции вожака надолго закрепляются за одной особью. Альфа-самец, как правило, не самый умный, но самый агрессивный. Самые умные самцы обычно занимают место среди бета-особей. Смена вождя у социальных млекопитающих происходит редко, обычно это связано со старением лидера, с попыткой его смещения наиболее агрессивным среди бета-самцов. После серии безуспешных попыток, турнирных боев, может произойти смена лидера. Обычно это связано с коренной перестройкой всей иерархической структуры стада.



**2**  
**Увеличение размеров мозга, уменьшение лицевой части черепа и увеличение мозговой части черепа в ряду от Australopithecus к Homo sapiens. Из Grdnert (1989). Слева — черепа: а — австралопитек; б — Homo erectus; в — H. sapiens neanderthalensis; д — H. s. sapiens. Справа — увеличение объема головного мозга: пределы вариации и среднее значение**

**3**  
**Расчленения позднего кайнозоя и эволюция гоминид**



Таким образом, важнейшие предпосылки возникновения человека — это общественный образ жизни, звуковая сигнализация (на основе которой возникает речь с необходимой для этого коренной перестройкой голосового аппарата), дневной образ жизни, прямохождение, возникновение сложной иерархической структуры стада и связанное с этим разделение функций между членами сообщества. В значительной степени все это было обусловлено экологической обстановкой, сложившейся ко второй половине миоцена. Поэтому следует допустить возможность увеличения видового возраста человечества по крайней мере до рубежа плиоцена и миоцена.

В отличие от растительноядных лесных человекообразных обезьян — орангутана, шимпанзе и гориллы, — австралопитеки и древние люди были всеядны. Мясо составляло существенную часть их рациона. Стало быть, на время охоты мужчины должны были надолго оставлять женщин. Если бы приматы были моноэстричны (то есть имели одну овуляцию в год, одну течку, краткий сезон спаривания, как хищные, копытные и другие крупные мле-

копитающие), то самки колониально живущих видов, где самцы надолго уходят от самок, рисковали бы остаться неоплодотворенными. Полиэстричность приматов стала предпосылкой перехода наших предков от растительной пищи к охоте.

Прямохождение поставило еще одну проблему. В такой позе сперма легко вытекает из половых путей самки, и в случае однократного спаривания это резко понижало шансы на оплодотворение. По мнению известного приматолога Десмонда Морриса, женский оргазм не известен среди остальных приматов. Согласно гипотезе этого ученого, повышенная по сравнению с другими приматами сексуальность человека исходно связана с необходимостью повторных покрытий самок в связи с нерегулярностью половых контактов кочевых охотников-самцов с оседлыми самками. Поэтому возникновение женского оргазма у предков человека способствовало тому, что после сношения утомленная самка оставалась в горизонтальном положении, что не давало сперме вытечь из ее не приспособленных для прямохождения половых путей.

## Антропогенез

Известно, что в процессе перехода от австралопитеков к роду Homo произошло существенное увеличение размеров головного мозга (рис. 2). Однако грань между австралопитеками и ранними людьми достаточно условна. Линией раздела считается изготовление орудий. Это плод рук человеческих.

Не менее интересна грань в числе хромосом между 48-хромосомным кариотипом человекообразных обезьян и 46-хромосомным набором человека (и, быть может, австралопитековых). Маловероятно, чтобы новое хромосомное число возникло постепенно. Можно предположить, что исходно в одной из хромосом произошла мутация слияния и возникла особь с 47 хромосомами. При скрещивании с исходной формой с  $2n = 48$  50% особей будут иметь  $2n = 48$ , 50%  $2n = 47$ . Скрещивание последних, несмотря на пониженную плодовитость гетерозигот, даст 25%  $2n = 46$ , 50%  $2n = 47$ , 25%  $2n = 48$ .

Мы ничего не знаем о мышлении человека умелого (Homo habilis), оставив-



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

различия между кроманьонцами и современными людьми практически невозможно. Неуловимость сдвигов, произошедших в популяциях за 1% времени их исторического развития, не есть свидетельство отсутствия эволюции у современного человека.

Около 2 млн. лет назад численность *H. habilis*, по оценкам археологов, составляла не более 125 тысяч особей. Этот порядок величин представляется верным. Так, сегодня на Борнео, где живет 2 млн. людей, сохраняется 20 тысяч орангутанов. Ясно, что, если бы не человеческий пресс, численность последних только на Борнео могла бы достигать до 80–100 тысяч особей. Если учесть бывшее распространение орангов на Суматре и Малайском полуострове, то исходную численность этой крупной человекообразной обезьяны (до появления там питекантропов и современного человека) можно было бы оценить в 300–500 тысяч особей. Однако оранги — вегетарианцы, тогда как наши предки были всеядны и животная пища составляла важную долю их рациона. Индивидуальный участок охотников и собирателей был выше, чем у вегетарианцев-антропоидов. Таким образом, численность порядка 100 тысяч особей для человека умелого представляется вероятной.

Поддержание огня способствовало расселению человека прямоходящего по умеренным зонам Старого Света (рис. 4) и росту его численности. Археологи оценивают численность человека 300 тысяч лет назад (то есть во времена синантропа) в 1 миллион особей. В эпоху верхнего палеолита кроманьонцы и близкие к ним формы *H. sapiens* достигли, по данным археолога Ф.Хоуэлла, численности в 3,34 млн. особей. Такая точность может показаться излишней, но сама оценка порядка численности на тот период представляется справедливой.

(Окончание следует)



**4**  
**Точки ископаемых находок австралопитековых и древних людей (*Homo habilis* и *Homo erectus*). Черные треугольники — находки австралопитеков. Кружки — находки *Homo habilis* и *Homo erectus***

шего нам свои первые крайне примитивные орудия труда так называемой «галечниковой культуры». Изготовление орудий, социальный образ жизни, расчленение функций и навыков между членами первобытного стада требовало все более длительного периода обучения. Хотя процесс обучения идет в течение всей жизни особи, особая нагрузка ложится на годы роста. Сравнение человека и человекообразных обезьян говорит нам о резком удлинении процесса созревания у человека и его прямых предков по сравнению с человекообразными. Шел естественный отбор по многим параметрам, в том числе и на увеличение продолжительности детства и всей жизни особи. В отличие от диких животных, у которых старение практически связано с прекращением репродуктивных функций и потому старые особи крайне редки, у человека старики несут особую функцию хранителей опыта, традиций, учителей следующих поколений. Поэтому в сложно иерархизированной структуре первобытного стада старейшины как хранители передаваемого опыта и знаний занимали особое место.

Мы знаем (рис. 3), что около 1 млн. лет тому назад человека умелого сменил человек прямоходящий (*H. erectus*), или питекантроп, позднейшая форма которого, жившая около 300 тысяч лет назад — синантроп, — уже владела огнем. В пещере Чжоу-Коу-Тьен под Пекином, где жили синантропы, за тысячи лет толщина слоя

золы и углей достигла 27 метров. Это говорит о том, что традиция непрерывного поддержания огня изустно передавалась от особи к особи, из поколения в поколение. Таким образом, процесс обучения и накопления знаний несомненно играл большую роль в эволюции человека прямоходящего.

Около 100 тыс. лет назад им на смену пришли неандертальцы, которых одни авторы рассматривают как подвид человека разумного (*H. sapiens neanderthalensis*), а другие считают самостоятельным видом (*H. neanderthalensis*). Часть исторического времени неандертальцы жили с людьми современного типа. Совместные находки неандертальцев и людей современного типа известны, например, в Палестине. Произошло ли уничтожение неандертальцев современными людьми, или они смешались с современными людьми утеряли в большинстве своем неандерталоидные черты — вопрос дискуссионный.

И лишь 35–40 тыс. лет назад мы встречаемся с кроманьонцем — бесспорным представителем человека разумного (*H. sapiens*). Таким образом, от кроманьонца нас отделяет лишь 1% того времени, в течение которого протекала эволюция рода *Homo*.

Учитывая широкую внутривидовую изменчивость скелетных признаков у современного человека и его предков, ясно, что уловить эволюционные



# Новый

# отряд

# млекопитающих — ринограденции

Профессор Дарвинского института

С.А.Бесланеева



**Н**ебольшой по размерам архипелаг вулканического происхождения Хайайей, расположенный в восточной части Тихого океана, на котором, как оказалось, живут ринограденции (см. карту), был случайно открыт в 1941 году шведом Н.Петерссоном-Скамтквистом.

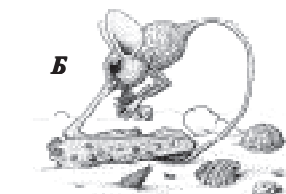
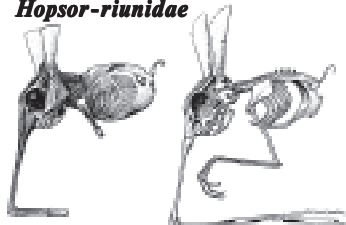
История не то трагическая, не то романтическая, почти в духе Даниэля Дефо. Несчастному (а может, счастливому?) шведу чудом удалось бежать на парусной лодке из японского лагеря для военнопленных, и после нескольких недель скитаний по Тихому океану он добрался до островка, который входит в архипелаг Хайайей (так его назвали), состоящий из многочисленных мелких островов. Там наш швед и прожил около года. В общем, робинзонада. Затем, отремонтировав свою лодку, Робинзон XX века продолжил путешествие по океану и в конце концов был подобран каким-то торговым судном. Из его рассказов сначала окружающие, а потом и ученые впервые узнали о странных животных, обитающих на затерянном архипелаге (швед оказался отличным рассказчиком) и столь же отличным рисовальщиком). Последовали экспедиции, скрупулезные описания, исследования, и вот — как некий принципиальный результат — в начале 60-х годов уже минувшего столетия в Германии вышла монография известного зоолога, профессора Дарвинского института Харальда Штюмпке под названием «Строение и жизнь ринограденций» (Professor Dr. Harald Stumpke. Bau und Leben der Rhinogradentia. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1962). Все нижеследующее представляет собой отчасти как выводы автора этой монографии, так и результаты наших собственных экспедиционных исследований, проведенных еще на научно-исследовательском корабле АН СССР «Витязь». (Кстати, специально для читателей «Химии

Как известно, за последние десятилетия зоологами всего мира описаны некоторые ранее неизвестные виды, роды и даже семейства млекопитающих; перечислять и комментировать все эти публикации — повод для самостоятельной статьи. Поэтому выделим главное: открытие нового отряда (отряда, повторим!) млекопитающих, к тому же обладающего весьма необычными свойствами, — это большое научное достижение, которое, понятно, вызвало особый интерес среди маммалологов — специалистов по изучению млекопитающих. Этот отряд впоследствии назвали ринограденциями.

1 *Archirrhinos haeckelii*



2 *Hopsor-riunidae*

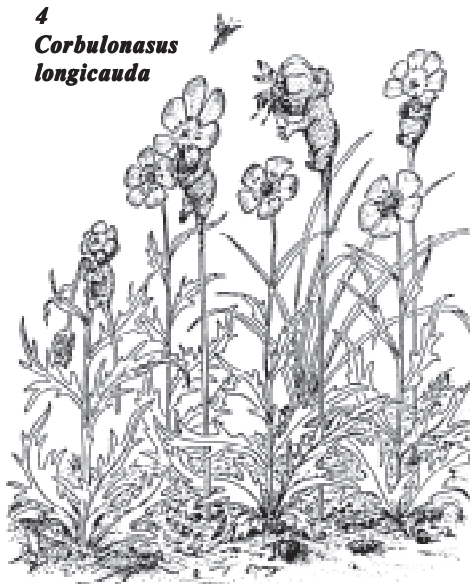


3.  
**А. Отоптерикс перед полетом и в полете.**  
**Б. Строение скелета и мускулатура летящего носопрыга-отоптерикса.**  
**Можно убедиться, что от задних конечностей не осталось даже рудиментов**

**И**так, покрытый буйной субтропической растительностью архипелаг Хайайей, как мы уже упомянули, расположен в восточном секторе Тихого океана, в зоне с повышенной влажностью. Млекопитающие представлены здесь почти исключительно ринограденциями; кроме них отмечен лишь один вид грызунов. Чрезвычайно обильны насекомые, в большинстве относящиеся к реликтовым группам (например, Palaeodictyoptera), которые и составляют основную пищу ринограденций.

Главное фенотипическое отличие ринограденции от прочих млекопитающих — это своеобразное строение лицевой (мордовой) части головы. Видоизменившиеся в процессе эволюции носовые хрящи, как правило, очень сильно развиты и у некоторых здешних видов превратились в органы со сложным костным скелетом, подобным скелету конечностей. У других видов носовые части развились в виде своеобразных хоботов, похожих на хобот слона, но отличающихся дольчатой структурой. Эти, скажем так, носовые конечности ринограденции используют для ходьбы, бега, прыжков, а некоторые виды — даже для добывания пищи. В целом же ринограденций, развившихся в результате длительной географической изоляции из каких-то третичных землероек, можно сравнить только с австралийскими сумчатыми животными.

**4**  
*Corbulonasmus longicauda*



**5**  
*Orchi-deopsis rapax*



**6**  
*Ranunculonasus pulcher*



**УРОБОРОС**

Почти все ринограденции — мелкие зверьки, размером от нескольких до 40 — 60 сантиметров; самые крупные виды едва превышают метр. Отряд Rhinogradentia состоит из 89 видов, входящих в 14 семейств.

**Н**аиболее примитивный вид — это Archirrhinos haeckelii (рис. 1), очень похожий на европейских землероек не только внешним видом, но и образом жизни. Он использует свои сильно развитые носовые части только для рытья подземных ходов, а по земле передвигается с помощью ног.

Значительно более специализирован экологически соответствующий тушканчику золотистый хопсоринус, относящийся к семейству Hopsorigiunidae (рис. 2). Он передвигается скачками, используя окостеневший носовой хрящ, который превратился в своеобразный прыгательный аппарат. Передние же ноги это животное использует для хватания пищи, задние же полностью редуцированы.

К тому же семейству относится отоптерикс (рис. 3) — единственный представитель ринограденций, могущий летать. Носовые кости играют у него лишь вспомогательную роль, являясь как бы шасси для взлета и посадки; в качестве крыльев отоптерикс использует широкие окостеневшие ушные лопасти с мощной мускулатурой. Отоптерикс замечателен также великолепной окраской шерсти, отличающей ярким металлическим блеском, подобно перьям колибри или крыльям тропических бабочек.

Некоторые виды ринограденций эволюционировали таким образом,

что у них развились миметические (подражательные) свойства. В принципе нам известно, что многие насекомые своим внешним видом подражают другим насекомым, несъедобным или больно жалящим; однако ринограденции проявляют мимикрию не к животным, а к цветам. Характерный пример — это долгохвост (*Corbulonasmus longicauda*), колонии которого обитают в зарослях лютиковых (рис. 4). Поражает яркость красок псевдолепестков и блеск носов притаившихся долгохвостов! Во время свежего бриза ряды зверьков, раскачивающихся на своих хвостах, нельзя отличить от настоящих цветов. Естественно, это обманывает насекомых, которые садятся на «цветок» и внезапно оказываются в зубах у долгохвоста.

Столь же привлекателен и *Orchi-deopsis rapax*, живущий на деревьях, где он изображает из себя орхидею (рис. 5).

А вот и воистину удивительный зверек — *Ranunculonasus pulcher*, или просто красавка (рис. 6). Задние конечности у нее не атрофировались, поэтому она передвигается вполне обычным для нас образом. Однако нос у красавки устроен замечательно. Хоботки на конце имеют как бы четыре лепестка, окраской напоминающие яркие цветы. Когда красавка обвивает своими хоботками цветок и «распускает бутоны» — зрелище великолепное. Но стоит только насекомому дотронуться до такого «цветка», как немедленно оказывается в ловушке. И красавке остается лишь поднести добычу ко рту.

*Eledonopsis suavis* живет в пещерах, высовывая наружу лишь свои



7  
*Hopsorrhinus mercator*

8  
*Dulcicauda griseaurella*



9  
*Tyrannonasus imperator*

носовые щупальца, которыми хватает любую добычу, пробегающую мимо (рис. 7).

Теперь у нас на очереди сладкохвостка — *Dulcicauda griseaurella* (рис. 8). Она тоже питается насекомыми. У этого зверька, когда он сидит в засаде, присосавшись носом к камню или пню, на хвосте выделяется особый сладкий пахучий секрет, которым и приманивается жертва. Клейкое свойство секрета способствует тому, что насекомое попросту прилипает к хвосту сладкохвостки. А дальше хвост изгибается, и охотник хватается добычу лапками.

Некоторые ринограденции ведут воистину хищный образ жизни. К ним относится, например, *Tyrannonasus imperator* — попросту император (рис. 9). Он убивает свою жертву при помощи хвостового шипа, снабженного ядовитой железой.

Сморкач, или *Emuntator sorbens*, питается водными животными. Этот зверек, живущий на берегах ручьев, размером с крупную крысу. Сидя над водой на ветвях деревьев, он выпускает в воду длинные нити клейких выделений, к которым приклеиваются

мелкие рачки и личинки насекомых, изредка мальки рыб. Добычу подбирает длинным, очень подвижным языком (рис. 10).

Наконец, о самом крупном звере из отряда ринограденций. К сожалению, это вымирающий представитель — *Mamontops ursulus* (на жаргоне наших исследователей, мамонтомедведь). Его изредка встречали в горных районах архипелага. Этот зверь достигает 130 см в высоту. Передвигается на четырех носовых отростках-хоботах, покрыт густой буро-рыжеватой шерстью и несколько напоминает животных, некогда широко распространенных в северном полушарии (рис. 11). Несмотря на внушительный рост (в положении стоя действительно с медведя!), для человека совершенно не опасен.

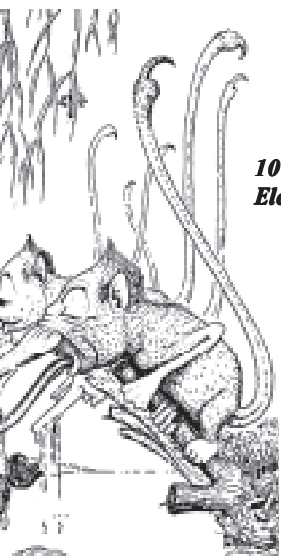
Далее *Rhinolimacius conchicauda*. Его нос более всего похож на слизня, в то время как сам зверек напоминает раковину улитки (рис. 12). Чаше всего он ползает на берегу океана вместе с улитками в поисках водорослей, выброшенных на берег прибоем.

Расскажем и о такой забавной паре зверьков, как *Hopsorrhinus mercator*

(попросту меркатор) и *Columnifax lactans* (рис. 13). Первый из этих видов приспособился питаться молоком самки второго вида, или молочника. Молочник, как правило, рождает двух детенышей, мало подвижен и обычно сидит на прибрежных кораллах, пытаясь поймать улиток или рачков, однако это ему удается крайне редко. Поэтому кормит его фактически меркатор, легко хватающий любую ползущую мелочь. Он ловит моллюсков и ракообразных и угощает ими молочника. Питаясь этими дарами, самка молочника вырабатывает молоко, которого хватается и для ее детеныша, и для меркатора. Такой удивительный симбиоз не просто полезен обоим видам, он им просто жизненно необходим.

Вкратце упомянем и о музыканте, или музыкальном *Rinochilopus'e* (рис. 14), — животном, у которого около трех десятков маленьких хоботков, используемых как музыкальный инструмент (наподобие трубок органа). Этот зверек ведет весьма скрытный образ жизни. Его мало кто видел, но песни его, вернее сказать — музыка, слышны постоянно. Образ жизни мало изучен.

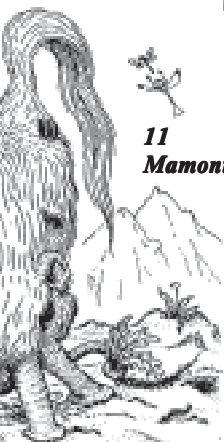




10  
*Eledonopsis*



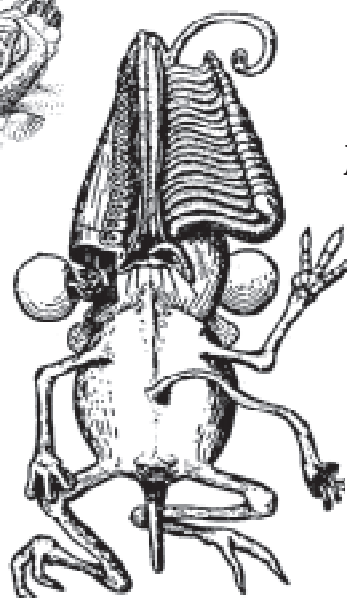
13  
*Columnifax lactans*



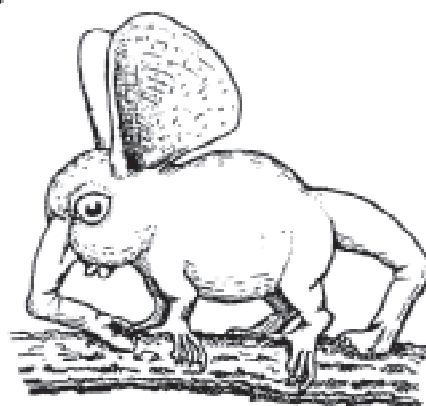
11  
*Mamontops ursulus*



12  
*Rhinolimacius conchicauda*



14  
*Rinochilopus*



15  
*Philochoppla bambola*



УЧЕНЫЕ ДОСУГИ

Весьма забавен ушастик (*Philochoppla bambola*), у которого в ходе эволюции хвост превратился в пятую ногу (рис. 15). В случае опасности это медлительное животное отталкивается от ствола «пятой ногой» и совершает прыжок на соседнее дерево. Хобот же использует в качестве руки, совсем как слон.

Сегодня нам известен еще с десяток мелких видов ринограденций, населяющих острова архипелага Хайайей, однако сейчас вряд ли стоит перегружать внимание читателя их перечислением, описанием внешнего вида и поведения. Нам кажется, что приведенного выше вполне достаточно для того, чтобы составить представление об удивительном мире уединенного архипелага Хайайей — мире, где только в середине XX столетия был обнаружен принципиально новый отряд млекопитающих — ринограденции, которых теперь даже в строгом научном мире ласково называют носопрыгами и хоботоходами.

Впрочем, тех, кто либо профессионально, либо чисто любительски про-

явит интерес к ринограденциям, мы отсылаем к упомянутой в начале этой статьи классической монографии профессора Х.Штюмпке. Однако есть сложности: вышедшая в Германии почти сорок лет назад, она, к сожалению, до сих пор так и не переведена на русский язык, а в научных библиотеках хранятся лишь ее единичные экземпляры. Это печально еще и потому, что в указанном труде Х.Штюмпке подробно разбирает возможные пути возникновения ринограденции, их родственные связи и делает интереснейшие предположения о дальнейших путях их эволюции. Его монографическое сочинение отличается скрупулезной точностью описаний, подробным филогенетическим анализом групп носопрыгов и хоботоходов, а кроме того, снабжено прекрасными рисунками, частью из которых, кстати, мы здесь и воспользовались.

P.S. Как выяснилось впоследствии, под именем Харальда Штюмпке, книга которого в начале 60-х годов произвела настоящий фурор среди биологов, скрывается известный немецкий зоолог профессор Г.Штайнер,

очень уважаемый в научном мире человек. Именно он создал эту мистификацию о несуществующих животных несуществующего архипелага. Но мы, российские (тогда — советские) ученые, поехали туда и проверили. И вправду: все так. Иначе зачем же теперь морочить головы читателям?

#### От редакции

Аналогичные, по сути, публикации на эту тему в нашем журнале, никогда не стоящем в стороне от новых, неожиданных и нетрадиционных открытий, смелых гипотез, научных парадоксов, измышлений, а то и просто игры ума, см. хотя бы:

— Баборыба. Мнения, комментарии. 1994, № 1.

— Б.М.Медников. Введение в вурдалакологию. 1995, № 7.

— Е.Котина. Генетика тусовки. 1999, № 4.

— О.Куликова, А.Шеховцов. О ведущей роли хвоста в эволюции. 2000, № 11—12.

— А.Мехнин. Молодость Бабы-Яги. 2001, № 3.

Эта тема не закрыта. В одном из ближайших наших номеров — новое о приматах. Оказывается, существуют приматы морские, летающие и прочие...

Мурманский океанариум

# Ластоногие в театре драмы и комедии

Зав. отделом морских млекопитающих ММБИ,  
научный директор Мурманского океанариума,  
кандидат биологических наук

**В.Л.Мишин**

## Мы ищем таланты

Многие мурманчане и гости нашего города побывали на Семеновском озере, где показывают свое мастерство дрессированные тюлени. Выступление обученных арктических ластоногих без преувеличения можно назвать театрализованным шоу. Но мало кто знает, что в основе этого циркового представления лежат многолетние исследования специалистов-физиологов — ученых лаборатории морских млекопитающих Мурманского морского биологического института (ММБИ).

Мурманск, пожалуй, единственный город, где проводят эксперименты по изучению поведения ластоногих из семейства настоящих тюленей: во всем мире для цирковых выступлений используют только дельфинов и ушастых тюленей — морских львов, котиков, сивучей.

Когда директор ММБИ академик РАН Г.Г.Матишов предложил специалистам института исследовать способности ластоногих обитателей Баренцева моря с тем, чтобы научиться вырабатывать у них сложные поведенческие навыки, большинство зарубежных коллег отнеслись к идее скепти-

чески. Так, в ноябре 1989 года доктор Тор Самуэльсен, директор аквариума норвежского города Берген, писал в своем письме, адресованном ученым из Мурманска: «...не могли бы вы рассказать нам, что умеют делать ваши тюлени? У меня сложилось впечатление, что серые тюлени не такие разумные (а может, не хотят работать), как, например, морские львы или дельфины...»

Сейчас уважаемому директору на этот вопрос сможет ответить любой мурманский школьник. Но тогда, в 1989 году, лаборатория морских млекопитающих ММБИ только начинала заниматься вопросами высшей нервной деятельности арктических тюленей.

Первые же эксперименты показали, что по своему «интеллекту» они ничуть не уступают ни морским львам, ни даже дельфинам. Мало того, в сложных ситуациях, специально создаваемых учеными, серые тюлени даже превосходили по сообразительности своих юж-



*Морской заяц*

*Гренландский тюлень  
здоровается  
со своим тренером*





*Серый тюлень Филя — звезда Мурманского океанариума*



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

мент считается отработанным. С его помощью можно заставить тюленя двигаться в нужном направлении, заходить в транспортировочное средство или успокоить животное, когда возникает стрессовая ситуация.

Вспоминается случай, который произошел на биологической станции ММБИ в поселке Дальние Зеленцы. Мы перевозили взрослого сивуча из стационарного аквариального комплекса в морской вольер. В тот момент, когда животное весом более полутонны спокойно направлялось в транспортировочную клетку, кто-то из обслуживающего персонала станции громко хлопнул дверью. Тяжеловес заметался по небольшой комнате, где находились четыре сотрудника лаборатории, создав тем самым очень опасную ситуацию. Но усилия тренера не пропали даром — как реагировать на «таргет», сивуч знал превосходно. Услышав знакомую команду, морской гигант прижался мордой к руке тренера и замер.

С помощью стержневых элементов тренер выстраивает целую цепочку сложных поведенческих реакций, благодаря чему тюлень может выполнять под руководством человека самые сложные программы. Но это уже область настоящего творчества: у каждого тренера есть свои хитрости и секреты, которые не подлежат разглашению.

ных сородичей, а в решении логических задач перещеголяли известных дельфинов-афалин, которые оказались более консервативными.

### Секреты педагогики

Теперь, после выхода из печати коллективной монографии Мурманского морского биологического института «Содержание в неволе и обучение ластиногих северного региона», мы можем поделиться некоторыми секретами.

Выступления животных постоянно сопровождает свист, и некоторые зрители убеждены, что эти звуки издают тюлени. Но это не так. Основной инструмент работы с морскими млекопитающими — свисток, его использовала еще в 60-х годах известная американская дрессировщица дельфинов Карен Прайер.

В качестве первичного пищевого подкрепления при работе с морски-

ми млекопитающими служит рыба, а звуковой сигнал — вторичное подкрепление. В течение нескольких недель тюленю дают рыбу под аккомпанемент свистка, и в конце концов животные начинают воспринимать соответствующий звук как поощрение. Таким образом человеку удается найти общий язык с тюленями, и появляется возможность полноценного общения с ними.

Теперь тренер дает сигнал лишь тогда, когда животное правильно выполняет поставленную задачу. Если свистка нет — значит, элемент не завершен или выполняется неправильно.

Второй стержневой элемент дрессировки — выполнение команды «таргет» (в переводе с английского — «цель», «мишень»). По этой команде тюлень должен прикоснуться к руке тренера или любому другому предмету, который предложит человек. Если после команды животное выполняет ее в течение 30 секунд и более — эле-

*Кольчатая нерпа*



### Успехи учеников

Конечно, для ученых-биологов дрессировка тюленей никогда не была самоцелью. Нас интересовало в первую очередь то, насколько понятливыми и управляемыми могут быть наши подопечные за пределами вольеров — ведь если их интеллектуальные способности достаточно высоки, они могли бы оказаться незаменимыми помощниками человека в море.

Именно поэтому сотрудники лаборатории морских млекопитающих ММБИ и решили в свое время отработать на наших северных тюленях американские методики по програм-



**Отработка приемов доставки крупногабаритных предметов водолазу, работающему на дне**



мам «Быстрый поиск» и «Глубоководный поиск», цель которых — научить морских млекопитающих искать и поднимать на поверхность утерянное под водой военное оборудование. Исследованиями заинтересовалось НПО «Арктикоморнефтегазразведка», которое надеялось использовать результаты работ для нужд морских нефтяников, и все последующие работы мы проводили согласно договору о научно-творческом содружестве с этим объединением.

Ученым ММБИ пришлось изрядно потрудиться, чтобы приспособить методики, созданные для морских львов, дельфинов-афалин и косаток, к обучению по ним арктических ластоногих, но зато результаты оказались действительно впечатляющими. За шесть месяцев серые тюлени освоили годовой курс, по которому ВМС США обычно готовят к поисковым и подводно-техническим работам морских львов.

Северные тюлени научились следовать за катером, нырять по команде, находить заранее затопленные предметы, знакомые животным по тренировочным занятиям, и поднимать их на поверхность. То, что в 80% случаев тюлени справлялись со своей задачей на «отлично» без всяких подсказок — уже само по себе достижение немалое, но, если на объект поиска устанавливали «пищик» (излучатель звукового сигнала определенной частоты), животное находило его под водой практически всегда.

А беломорскую кольчатую нерпу — небольшого симпатичного тюленя — научили помогать рыбакам. Чтобы поставить сеть подо льдом, людям приходится прорубать сначала две большие проруби — майны, а потом бурить между ними множество отверстий. Утапливая в эти отверстия деревянные шест, между майнами про-

тягивают подо льдом проводник — тонкий трос, а уж затем с его помощью устанавливают рыболовную снасть. Бурение промежуточных отверстий и утомительные упражнения с шестом стали ненужными, когда конец троса закрепили на ошейнике нерпы: она мгновенно доставляла проводник из одной майны в другую.

Интересно, что у московских биологов, которые пытались тренировать с подобными целями дальневосточных морских котиков, ничего не получилось. Животным, не привыкшим к плаванию во льдах, замерзшее подмосковное озеро явно не понравилось: они мерзли, пытались спрятать лапы от снега, и если даже шли в воду, то без особого энтузиазма. С природой не поспоришь — чтобы подобный эксперимент удался, в нем должны участвовать животные «ледового класса», для которых плавание во льдах — привычный образ жизни.

### **Невостребованные спасатели**

Недавняя трагедия с АПРК «Курск» и аварийно-поисковые работы в районе гибели подводной лодки не оставили равнодушными никого. Однако реакция сотрудников Мурманского океанариума на методы проведения операции была неоднозначной.

С одной стороны, мы отдаем дань мужеству российских и норвежских подводников-профессионалов, которые работали на предельных для человека глубинах в холодных водах Баренцева моря. Облаченные в громоздкие глубоководные скафандры, опутанные системами жизнеобеспечения, они, рискуя жизнью, проникали в узкие переходы жилых отсеков подводного крейсера. И все-таки мы

не уверены, что рисковать людьми в такой мере было совершенно необходимо: ведь два серых тюленя Мурманского океанариума, которые обучались по программе поисково-спасательных работ, могли оказать водолазам существенную помощь.

Конечно, вести аварийные работы в одиночку тюлени не смогли бы: прорезать технологические отверстия в корпусе подводной лодки под силу только людям. Но наиболее опасная работа — внутри отсеков АПРК — им доступна: тюлени невелики, маневренны и к тому же обладают настолько обостренной сенсорикой, что способны ориентироваться в темноте. Порезы и травмы, которые может получить животное в сплетении коммуникаций и покореженных перегородок, для него не смертельны, в то время как повреждение скафандра или любого узла системы жизнеобеспечения может привести к гибели человека. А ведь нет ничего дороже человеческой жизни: даже потеря служебного животного несопоставима с гибелью людей.

Алгоритм служебного использования тюленей достаточно прост: водолаз, находящийся около технологического отверстия, подзывает тюленя с помощью «пищика» и жестами подает ему команду найти и доставить из отсека лодки определенный объект. Если в условиях океанариума и морского полигона поощрять тюленя за доставку только нужных предметов, у него формируется устойчивый рефлекс, и ошибки в процессе аварийных работ не будут превышать 10–20%.

Кроме того, тюленей можно научить опутывать большие предметы стропами и доставлять «добычу» к судну.

И все-таки выйти с предложениями использовать тюленей для аварийных

работ на «Курске» мы не могли. К сожалению, экономические реформы в стране сказались не лучшим образом и на наших подопечных. Материально-техническая база, необходимая для их переподготовки (в поселке Дальние Зеленцы), пришла в полный упадок, и ластонogie поневоле провели целых семь лет в бассейне с пресной водой, глубина которого составляет всего четыре метра. Хотя тюлени очень долго помнят однажды выученный урок и не нуждаются в повторном обучении, их физическая форма сегодня оставляет желать лучшего. Чтобы восстановить способность животных к длительным погружениям на большие глубины, их необходимо провести по своеобразной технологической цепочке: бассейн — вольеры — полигон — море, но такой возможности у нас теперь нет.

## Незнакомые с кессонной болезнью

А ведь многих проблем, которые встают перед людьми, погружающимися в морскую пучину, для тюленей просто не существует. Чтобы работать на глубине более 60 метров, водолазу приходится дышать специальными воздушными смесями (например, кислородно-гелиевыми, в которых нет азота — одного из главных виновников кессонной болезни) или использовать подводный колокол (устройство, в котором давление воздуха можно регулировать в зависимости от глубины, на которой работает водолаз).

Между тем в естественных условиях обитания даже самый маленький тюлень — кольчатая нерпа (длина по изгибам спины 120–130 см; масса — 50–60 кг) — ныряет в поисках пищи на глубину до 100 метров и может проводить под водой 15–20 минут. Другие обитатели Мурманского океанариума — серые и гренландские тюлени — могут погружаться на 200 и 450 метров соответственно и находиться под водой до 20–30 минут. При этом они всплывают на поверхность со скоростью до 5 м/с без каких-либо симптомов кессонной болезни.

На первый взгляд — феномен прямо-таки загадочный. Однако этому есть вполне научное объяснение.

Водолаз-глубоководник рискует пострадать в результате погружения на большие глубины потому, что при дыхании сжатым воздухом кровь человека насыщается азотом. Водолаз не изолирован от окружающей среды, и потому чем глубже он погружается, тем

большее давление оказывает на него вода, сжимая грудную клетку. Если аквалангист погрузился на 60 м (предельные глубины для легководолазов), вода будет давить на него с силой шесть атмосфер. За счет сжатого воздуха в акваланге давление в легких сравняется с наружным и достигнет той же величины — шести атмосфер. Тут-то и подстерегает человека серьезная опасность: ведь при таком давлении в легких в крови растворяется в шесть раз больше азота, чем в обычных условиях (в воздухе его около 70%).

И все бы ничего, но, если водолаз будет всплывать быстро, нормальное давление установится в его легких столь же стремительно, а кровь не успеет выделить избыток азота через органы дыхания. Растворенный азот перейдет в газообразную форму, «вскипит», и его пузырьки закупорят кровеносные сосуды, погубив человека или сделав его инвалидом.

Для наглядности здесь можно провести аналогию с бутылкой шампанского: если открыть ее резко, растворенный в вине углекислый газ «закипит», если открывать долго и медленно — этого можно избежать. Поэтому чем больше глубина и время пребывания под водой, тем больше требуется человеку времени, чтобы естественным путем вывести из крови избыток азота. Давление в легких должно снижаться постепенно.

Заменяя в смесях для дыхания азот на гелий, можно несколько снизить риск кессонного заболевания, но полностью исключить его невозможно. Вот почему, поднимаясь с больших глубин, люди должны проходить декомпрессию в специальных камерах, где снижение давления происходит постепенно. Чтобы все обошлось благополучно, водолаз, находившийся на глубине 300 метров всего несколько минут, должен провести в такой камере 10–12 дней.

Морские млекопитающие решают проблему кессонной болезни гораздо проще. Во-первых, под водой они



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

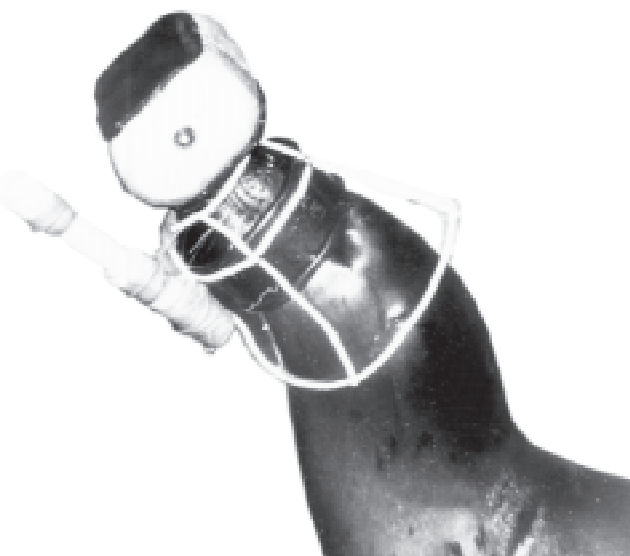
просто-напросто не дышат; во-вторых, в процессе многих миллионов лет эволюции они приобрели ряд защитных механизмов, о которых и пойдет речь дальше.

## Превосходящие учителя

Как известно, киты, дельфины и тюлени относятся к тому же классу млекопитающих, что и человек. Они выкармливают своих детенышей молоком и по многим физиологическим показателям практически не отличаются от нас. Однако морские звери обладают целым набором способностей, которых у других животных нет: касатка может плыть со скоростью до 45 км/час, что позволяет ей легко обгонять многие пассажирские морские лайнеры, кашалот ныряет на глубину более километра, морской слон может оставаться под водой более часа. Морские гиганты прекрасно приспособлены к водному образу жизни. Механизмами такой адаптации как раз и занимается лаборатория морских млекопитающих ММБИ.

Кое-что исследователям стало понятно уже сейчас. Так, сотрудники ММБИ подтвердили наличие у арктических тюленей дыхательной брадикардии, свойственной большинству морских млекопитающих: прежде чем нырнуть на большую глубину, животные замедляют сердцебиение. Брадикардию стимулирует глубокий вдох, задержка дыхания и иногда погружение ноздрей в воду. По нашим дан-

**Гренландского тюленя учат носить маркер — устройство, позволяющее обозначить место нахождения предмета под водой. При ударе штыря о предмет на дно падает грузик, леска разматывается, и на поверхности воды появляется сигнальный буйек**



ным, один из лучших ныряльщиков среди северных ластоногих — гренландский тюлень — способен менять частоту пульса со 120–130 до 30–40 ударов в минуту. Такой ритм работы сердца позволяет расходовать кислород очень экономно, а значит, увеличивается время возможного пребывания тюленя под водой.

И тут же обнаружилась неожиданная параллель: то, что дано природой морским животным, годами тренировки вырабатывается у спортсменов-биатлонистов. Исследователи из Московского инженерно-физического института показали, что, когда биатлонист, пробежавший десяток километров на лыжах, готовится к выстрелу, он задерживает дыхание и тем самым замедляет пульс со 180 до 90 ударов в минуту.

Но другие приспособительные механизмы тюленей и дельфинов человек задействовать, к сожалению, не может. Так, длительное пребывание под водой обеспечивается у морских млекопитающих не только значительной емкостью легких, но и нечувствительностью дыхательного центра мозга к накоплению углекислоты в организме. Между прочим, именно эта последняя особенность заставляет морских зверей все время бодрствовать: многие знают о феномене однополошарного сна у дельфинов, открытом нашими российскими учеными, — полушария головного мозга у них «спят» по очереди.

Есть свои особенности и у кровеносной системы морских животных. За счет более высокого содержания гемоглобина и его чрезвычайно высокой концентрации в эритроцитах они могут запасать в крови куда больше кислорода, чем любой самый тренированный ныряльщик.

Некоторые исследователи считают, что большое значение при погружении на значительные глубины имеет также коллапс альвеол: легочные пузырьки схлопываются, когда тюлень достигает определенной отметки. Этот процесс приостанавливает растворение в крови азота, и остатки газа распределяются в тех участках дыхательного тракта, где газообмена нет. Потому-то морские млекопитающие и не подвержены кессонной болезни. А кроме того, концентрация азота в крови снижается у них за счет распределения избытка газа в жировой и мышечной тканях, когда животное выныривает.

Но и это еще не все: дельфины и тюлени могут использовать кислород, связанный мышечным белком миоглобином. Вот и получается, что при погружении на большие глубины они

создают себе в два-три раза больший запас кислорода по сравнению со своими наземными собратьями, а кроме того, очень экономно его расходуют.

Большие физические нагрузки морские звери переносят на редкость легко — разрушение молочной кислоты и других продуктов обмена, накапливающихся во время длительного погружения, происходит в их организме очень быстро.

В общем, у морских млекопитающих немало секретов, и мы не знаем, сколько еще сюрпризов ожидает тех, кто изучает их физиологию. Только вот работы эти продвигаются не так быстро, как хотелось бы ученым.

## Цена самокупаемости

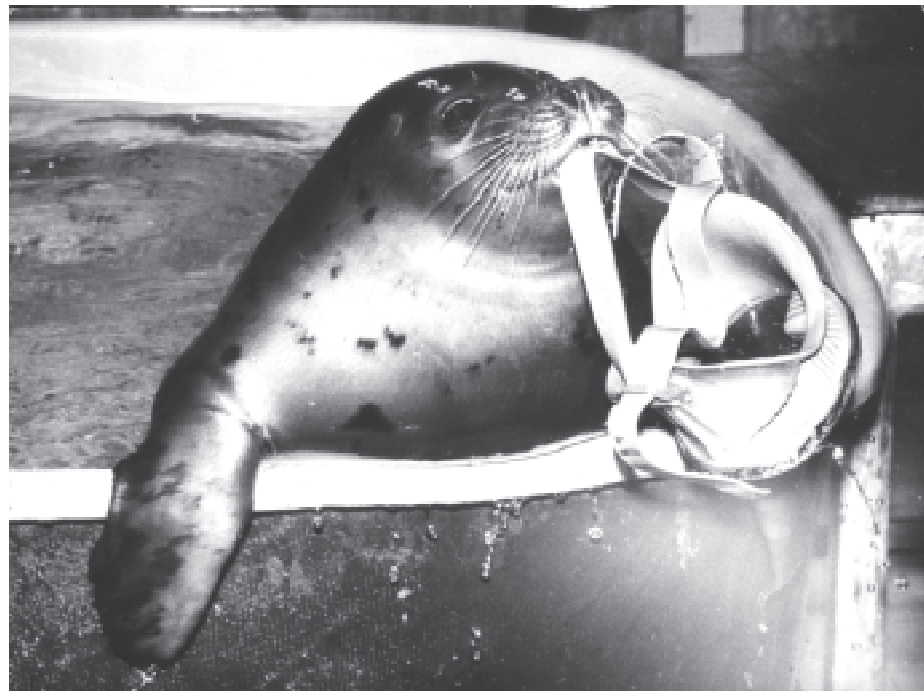
Конечно, цирковые выступления тюленей ММБИ на Семеновском озере — это подарок исследователей мурманским детишкам, но в то же время они — укор государственным чиновникам, финансирующим бюджетные организации вообще и науку в частности по остаточному принципу. Увы, научные исследования приходится проводить параллельно с цирковой программой, отдавая предпочтение последней.

И сегодня речь уже не идет о проведении электрофизиологических и других фундаментальных исследований, связанных с частичной или полной иммобилизацией животных. Даже просто взять у них кровь для биохимических или цитохимических иссле-

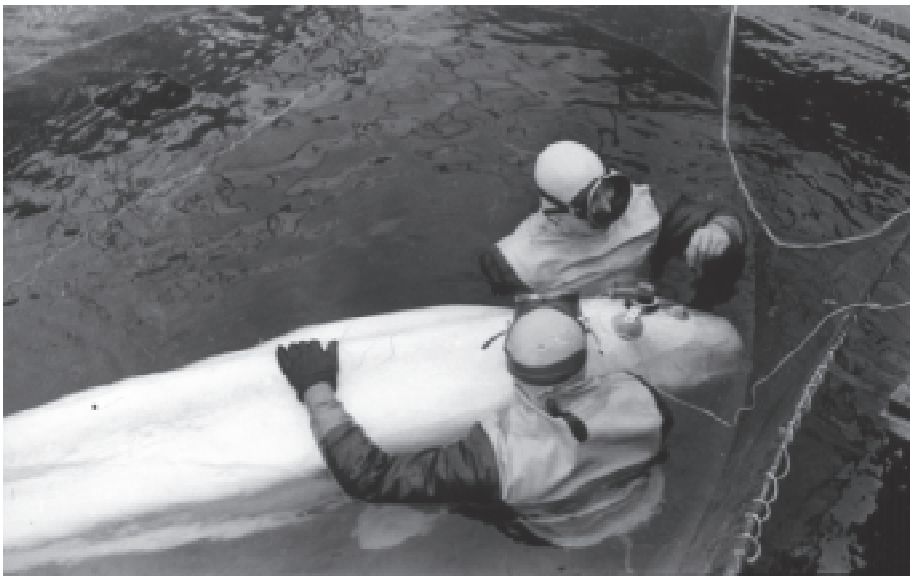


*Этой кольчатой нерпе предстоит работа в море*

**Доставать предметы со дна бассейна нужно учиться с раннего детства**







**Изучение дыхания белухи в условиях экспериментального полигона (пос. Дальние Зеленцы)**

дований — и то проблема немалая. Ведь если тюленю предстоит в тот же день выступать перед публикой, тренеры будут возражать, и их желание оградить подопечных от несвоевременных стрессов вполне понятно.

А между тем фундаментальные исследования, касающиеся адаптаций морских млекопитающих к водному образу жизни, не только чрезвычайно интересны — в будущем они могут принести людям прямую экономическую выгоду.

Например, разгадка механизма эхолокации дельфинов позволила бы осуществить настоящую революцию в области техники для дистанционного зондирования. Ведь высокочувствительная гидролокационная система позволяет этим животным находить подводные объекты при самой сложной топографии дна, причем в условиях высокого уровня шума. Небольшие зубатые киты — белухи, обитающие в арктических морях, способны не только обнаружить объект диаметром около двух с половиной сантиметров с расстояния до 66 метров, но и четко идентифицировать его (распознать образ).

Прикладные работы с морскими млекопитающими могли бы дать тоже немало. Но для того, чтобы животные не утратили навыков работы в море, их нужно регулярно вывозить на морские полигоны, а наши тюлени вынуждены зарабатывать себе на пропитание цирковыми трюками круглый год.

Между тем выгода от применения обученных тюленей и дельфинов очевидна. Большие затраты и огромный риск, на которые шли спасатели во

время аварийно-поисковых работ на «Курске», наглядно показывают, чего можно было бы избежать, воспользовавшись помощью обученных животных.

Американские военные, которые прекрасно умеют считать деньги, не скрывают своего интереса к программам служебного использования морских зверей. «Рассмотрим военные качества «самодвижущегося морского транспортного средства, или платформы, со встроенной гидролокационной сенсорной системой, позволяющей обнаруживать и классифицировать цели; с бортовым компьютером... который можно запрограммировать для выполнения сложных действий», — пишут специалисты по гидролокаторам, имея в виду... дельфина.

В США морских млекопитающих не только изучают: их уже более 40 лет эффективно используют для нужд военных ведомств. Так, в 70-х годах касатки и морские львы искали и поднимали со дна утерянные ракетоторпеды и гидрографическое оборудование, в 1988 году дельфины принимали участие в военной операции «Буря в пустыне». До сих пор две базы подводных лодок «Трайидент» (Бангор и Кингз-Бэй) охраняются морскими животными. Оказалось, что атлантических дельфинов-афалин можно использовать для поиска мин даже в опресненных водах Балтийского моря (Клайпеда, июль 1998 г., военные учения НАТО «Baltic Challenge — 98»).

А 30 марта сего года агентство «Рейтер» и норвежские СМИ сообщили, что командование военно-морского флота США намерено использовать дельфинов при разминировании южного побережья Норвегии, где со времен Второй мировой войны сохранилось около 80 тысяч торпед, сна-



## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

рядов и гранат. В операции под названием «Голубая игра», которая по плану должна была пройти с 23 апреля по 11 мая 2001 года, военные собирались использовать четырех специально обученных дельфинов, которые быстро научились абсолютно безошибочно находить всевозможные взрывные устройства. По словам командира группы американских водолазов, в случае успеха операции ВМФ НАТО и США смогут выйти на принципиально иной уровень борьбы с диверсиями, причем без участия человека.

Но нужды военных — это, разумеется, не единственная область, где могут пригодиться уникальные способности морских млекопитающих. Обученные животные очень помогли бы при работах в рамках Международной программы экологической защиты водных бассейнов России, которая предполагает поиск и извлечение боезапасов с отравляющими веществами и других опасных захоронений в Балтийском море. Федеральной пограничной службе они могли бы помочь охранять государственную границу, а Министерству по чрезвычайным ситуациям были бы полезны при проведении поисково-спасательных мероприятий. О том, какую важную роль могут сыграть тюлени и их собратья при геолого-разведочных и рыбохозяйственных работах, при ревизии различных подводных коммуникаций и сооружений, и говорить не приходится. Морские животные могут обеспечивать связь между водолазами, фотографировать дно и затонувшие объекты.

Хочется надеяться, что в недалеком будущем людям пригодятся и эти уникальные способности наших ластоногих артистов. Десятки тысяч лет у человека есть друг и помощник на суше — собака. Может быть, вскоре появится и морской помощник — тюлень или дельфин.



# Разные разности

Выпуск подготовили  
Е. Лозовская,  
Т. Пичугина,  
Е. Сутоцкая,  
О. Тельпуховская

Китов осталось мало, поэтому их промышленный вылов запрещен. Только ученые могут добывать небольшое количество морских гигантов. Прошлой осенью японские исследователи изучили, что ели киты, живущие в северо-западной части Тихого океана. Оказалось, что 90% их рациона составили анчоусы, сайда и макрель. «Наши оппоненты говорят, что киты едят только планктон, но мы видели другое», — говорит Йори Моришита из рыболовецкого агентства Японии. Ученые пришли к выводу, что киты вылавливают больше рыбы, чем люди, поэтому для сохранения морских запасов надо разрешить охоту на китов.

Это заявление вызвало скандал на заседании Международной комиссии по китам (МКК), призванной следить за их охраной. «Нельзя точно утверждать, что киты наносят урон промышленной рыбной ловле, — говорит Рассел Липер, морской биолог, консультант МКК в Эдинбурге. — Даже если они едят рыбу, это не значит, что они наши соперники».

Однако в Японии рыбные уловы сократились вдвое с тех пор, как МКК 16 лет назад ввела международный мораторий на коммерческую добычу китов. По оценкам японского Института изучения китов, эти млекопитающие могут съедать от 250 до 440 млн. тонн рыбы в год, то есть в три—пять раз больше, чем улов рыболовецких судов всего мира. «Мы не считаем, что киты — единственная причина уменьшения количества рыбы в наших водах, но это значительная часть морской экосистемы», — говорит Моришита. Тем не менее Япония останется верной мораторию МКК на китобойный промысел до тех пор, пока их можно вылавливать для научных исследований («New Scientist Online News», 2001, 6 июня).

Джеймс Рони из Чикагского университета представил в Лондоне на конференции «Поведение человека и эволюция общества» результаты любопытного исследования. После разглядывания журнальной рекламы с привлекательными дамами мужчины начинают по-другому относиться к себе. Жизненные перспективы сильному полу представляются в более радужном свете, крепнет уверенность в своих силах, растет чувство собственной значимости, мужчины кажутся себе более влиятельными и благородными.

В эксперименте участвовали мужчины в возрасте от 18 до 36 лет. Они изучали рекламные проспекты с фотографиями молодых женщин и отдельно — женщин старше 50 лет, а затем отвечали на вопросы анкет, по которым можно было судить об их настроении, свойствах личности и жизненных пристрастиях. Заподозрить участников исследования в нечестности невозможно, поскольку они были уверены, что просто оценивают эффективность рекламы.

Такие качества, как честолюбие и чувство превосходства, особо ценимые женщинами, связаны с высоким уровнем тестостерона. Исследование показало, что у 80% тех, которые рассматривали фотографии молодых женщин, проявлялась по крайней мере одна из этих черт. Во второй группе эта цифра была значительно меньше: только 18%.

Вообще-то у приматов ухаживание за противоположным полом начинается при появлении особых запахов. Очевидно, что для людей не менее важны визуальные стимулы.

Рони с сотрудниками собираются выяснить, вызывают ли психологические изменения у мужчин при разглядывании привлекательных дам изменения в уровне тестостерона («New Scientist»).

Судя по ДНК современных коз, их предки, прирученные в разных местах, смешивались в гораздо большей степени, нежели другой скот. По-видимому, в древние времена козы были неприменными спутниками человека в путешествиях. Эти животные — идеальные попутчики: они легко переносят суровые погодные условия, неприхотливы в еде. Это, наконец, удобный товар. Четырех коз было проще обменять, чем, например, одну корову, а риск их гибели — меньше. Как утверждает французский ученый Гордон Луикар из университета имени Фурье в Гренобле, не будь коз, история человеческих миграций и торговли выглядела бы совсем иначе.

Луикар и его коллеги взяли образцы митохондриальной ДНК у 88 пород коз, обитающих в разных местах планеты: в горах Греции, на равнинах Монголии, в Исландии и южноафриканских степях. Ученые определили последовательность нуклеотидов в одном и том же участке ДНК разных коз, чтобы выяснить по ним диких предков домашних животных по материнской линии. Оказалось, что в Европе и Африке сейчас преобладают предки безаров, которые были одомашнены на Ближнем Востоке. Другую козью «расу» обнаружили в Индостане, Монголии и Юго-Восточной Азии. Вероятно, ее представители происходят от коз, прирученных около 9000 лет назад в Белуджистане, в долине Инда (современный Пакистан). Археологические находки доказывают, что это был важный центр одомашнивания животных.

Гипотеза о двух центрах одомашнивания подтверждается генетическими исследованиями крупного рогатого скота, овец и свиней. Но история коз оказалась сложнее, в ней есть загадочная третья ветвь. Козы с таким происхождением встречаются реже, однако митохондриальную ДНК этой линии нашли у небольшого числа животных из Монголии, Швейцарии и Словении («Nature News Service»).



Причину гибели цивилизации майя ищут не только археологи, но и специалисты по климату. Свой взгляд на эту проблему они представили в одном из номеров журнала «Science». Дэвид Ходелл, руководитель группы исследователей и один из авторов публикуемой работы, отмечает, что на климат полуострова Юкатан очень влияют выбросы солнечной энергии. Они были причиной периодических засух, что, в свою очередь, изменяло всю жизнь майя.

Первая экспедиция группы Ходелла на Юкатан в 1993 году обследовала озеро Чичанканаб и взяла со дна колонку осадочных пород возрастом до 9000 лет. Ее изучение показало, что наиболее засушливый период нашей эры пришелся примерно на 800–1000 годы. Это совпадает с крушением классической цивилизации майя в IX веке. Новая экспедиция, состоявшаяся в этом году, получила подтверждения прежних результатов. Другие периоды засухи совпали по времени со спадами в активности майя. Они, по мнению исследователей, пришлись на 475–250 годы до н.э. и 125–210 годы н.э.

«Я думаю, что засуха играла очень важную роль. Но я также уверен, что существовали и другие факторы — рост населения, истощение земли, социально-политические изменения, которые внесли свой вклад в гибель цивилизации. Ведь это очень сложный процесс», — говорит Ходелл. С ним согласны археологи, занимающиеся историей майя: нельзя объяснить крушение цивилизаций с помощью одних климатологических теорий («BBC News»).



Радиосвязь на полюсах Земли часто дает сбой. Причина в том, что магнитное поле земли искривляет траектории заряженных солнечных частиц, и они накапливаются у полюсов, создавая многочисленные помехи. Из-за этого связь может в любую минуту прерваться, не позволив сообщить нечто важное. Она становится неустойчивой на расстоянии всего 80 км от базы. Сотрудник американского центра по разработке подводных вооружений Пол Милески, побывав в Арктике, предложил свой способ связи.

Он считает, что сигналы нужно посылать через лед. Как правило, зимой его средняя толщина в Арктике — около трех метров. Примерно пятая часть снизу очень сильно просолена и не годится для передачи сообщений, но более чистый лед, лежащий выше, — превосходный проводник радиоволн.

Для доказательства своей идеи инженер создал простую антенну прямо на льду. Она состояла из двух проводов, вытянутых друг за другом в ровную линию в направлении, по которому предполагалось вести переговоры. Посередине присоединили излучатель. Точно такую же антенну разложили в месте, где предполагалось принять сигнал. Хотя он был наиболее мощным на льду, его можно было принимать и на небольшой высоте над его поверхностью. После серии экспериментов Милески пришел к выводу, что для связи между пунктами, отдаленными на 480 км, оптимальная длина проводов — 150 метров. С их помощью излучали сигнал с длиной волны 600 метров и частотой 500 кГц.

Автор разработки считает, что теперь в Арктике можно создать дешевую сеть связи. Она пригодится и для станций, расположенных на несколько больших — до 800 км — расстояниях друг от друга («EurekAlert!»).

Ученые изучили химический состав костей первобытного человека, жившего 20–30 тысяч лет назад на территории современной Чехии, Великобритании и России, и неандертальцев, населявших Европу примерно в то же время. С помощью изотопного анализа они нашли соотношение между разными формами одного и того же химического элемента и по этим данным смогли сделать вывод об источнике пищевого белка.

В рацион первобытного человека, по мнению ученых, входили рыба, птица, моллюски, кролики, ягоды и клубни, бизоны, лошади, олени и другие копытные. Половину белка первобытный человек получал за счет пресноводной рыбы и водоплавающей птицы. У неандертальцев основным источником белка служили крупные животные: быки, олени, бизоны, дикие лошади и даже мамонты.

Диета человека, подчеркивает доктор Майкл Ричардс из Брэдфордского университета в Великобритании, была намного разнообразнее. «Люди умели ловить рыбу и птицу, а значит, лучше приспособивались к изменчивым условиям, чем неандертальцы», — говорит он. Ученые предполагают, что уже в те времена люди научились запасать рыбу впрок, например, солить или вялить. Эти навыки помогли им выжить.

Поль Петит из Оксфордского университета, соавтор этой работы, считает, что неандертальцы стали жертвой чувства собственного превосходства. Они были суперхищниками и охотились преимущественно на крупную добычу. Когда численность таких животных по каким-то причинам уменьшалась, неандертальцы оставались без пищи («BBC News», «Proceedings of the National Academy of Sciences»).

Ученые из группы доктора Бинг Фанга (университет Оклахомы) взяли ацетат целлюлозы, сделали из него крошечные сферы, соединили их в цепочки, и сложили из них трехмерную сетку с порами, заполненными воздухом. Получилось пористое твердое вещество с плотностью в два раза меньшей, чем у бальзового дерева. Напомним, что по соотношению прочности и легкости это дерево — чемпион. Именно поэтому из его древесины был построен плот Тура Хейердала «Кон-Тики» для плавания из Перу в Полинезию, на остров Пасхи. Для создания вещества, по прочности в десятки раз превосходящего известные аналоги, ученые соединили обычную технику получения аэрогелей с химическими методами образования жестких сшивок между молекулами. Похоже процессы превращают текучий латекс в твердую резину.

История аэрогелей началась более 70 лет назад. Лучшие из них на 99 % состоят из воздуха — настолько их похоже на сахарную вату волокна пронизаны порами. Современные технологии позволяют изготавливать такие легкие материалы из разных веществ — от кремнезема до металла и углерода — и использовать их во многих областях. Если «высосать» из аэрогеля воздух, он превратится в этакий твердый вакуум. Уникальные свойства аэрогелей можно использовать для создания тепло- и звукоизоляторов, носителей катализаторов, поглотителей и фильтров для газов и жидкостей.

В последнее время наиболее широко использовали гели из кремнезема, или окиси кремния. К сожалению, они невероятно хрупки. Аэрогели же из органических материалов, например целлюлозы, более прочны, и их можно будет использовать в космосе. Кубик из такого геля не расколешь и молотком («Nature News Service», Advanced Materials, 2001, т.13, с.644).





# Химия парникового эффекта





Доктор  
физико-математических наук  
**И.К.Ларин**



Художник М. Златковский

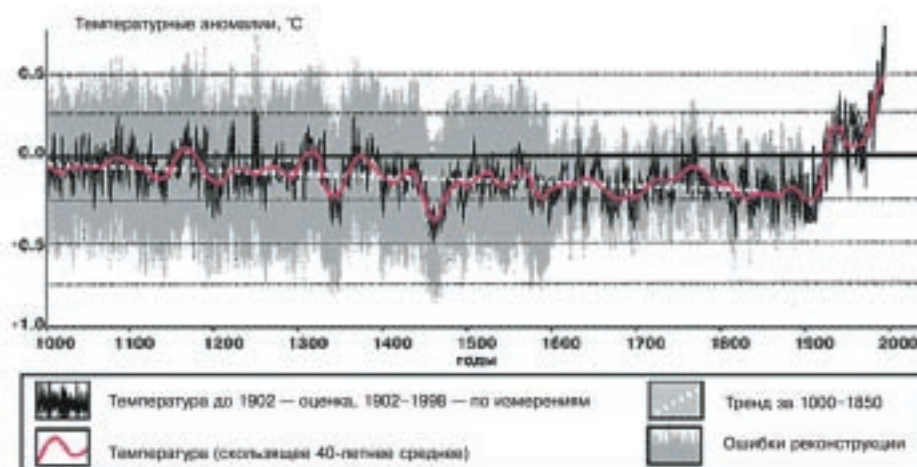
# XX

## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

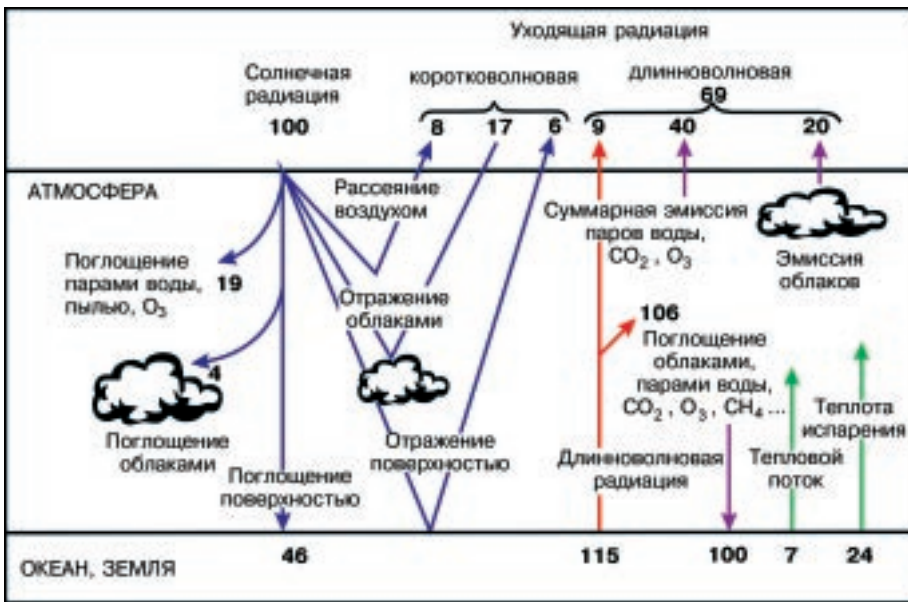
XX век оказался самым теплым в тысячелетии (рис. 1). Казалось бы, за 100 лет температура всего-то повысилась на 0,4–0,8 градуса, может, и волноваться не стоит? Но помимо роста приземной температуры появились и другие угрожающие признаки: таяние арктических льдов, разрушение шельфового льда Антарктики, уменьшение ледяного щита Гренландии, который за последние пять лет сократился на 250 кубических километров. Да и на разных широтах и в разные сезоны потепление гораздо существеннее, — например, в России среднесезонная температура выросла за 100 лет на 2,3 градуса. Поэтому сейчас проблема глобального потепления выходит на первое место, оттеснив сохранение озонового слоя на второй план. Одни климатологи утверждают, что в потеплении виновата природа, другие — что люди, причем мнения разделились примерно поровну. Ответ на вопрос «кто виноват», конечно, важен, но еще важнее, как будет изменяться климат в будущем. Давайте разберемся, что такое парниковый эффект, от чего он

зависит и какую роль в потеплении могут играть атмосферные химические процессы.

Прежде всего нужно сказать, что выбросы, попадающие в атмосферу в результате человеческой деятельности, воздействуют на климат на фоне тех природных процессов, которые его когда-то сформировали и пока продолжают доминировать. Доля естественного (природного) парникового эффекта сегодня составляет приблизительно 94%, и основной вклад в него вносят пары воды (62%) и углекислый газ (22%), а 16% приходится на метан, закись азота и озон. Вклад антропогенных парниковых газов за последние 250 лет составил примерно 6%. Поэтому нужно понимать, что когда говорят о будущем увеличении парникового эффекта, то имеют в виду его изменение за счет антропогенных выбросов. Во всей «климатической» литературе рассчитывают не абсолютный парниковый эффект, а именно это изменение, причем за нулевой уровень принимают состояние атмосферы в доиндустриальную эпоху (150 или 250 лет назад). Так поступают по двум



**1**  
**Изменение среднеглобальной температуры земной поверхности за последние 1000 лет. Красная кривая — скользящее среднее за 40 лет, пунктирные белые точки — тренд за 1000–1850 гг., черным цветом показана температура, полученная до 1902 г. путем оценок, а после 1902 г. — по измерениям. Серым цветом показана ошибка реконструкции температуры. Нулевая (0,0) отметка на шкале ординат соответствует по абсолютной величине плюс 15°C**



причинам: во-первых, для абсолютных оценок нужно знать парниковый эффект атмосферной влаги, который известен очень плохо, а во-вторых, самое важное в климатической проблеме — это изменение климата под влиянием антропогенных факторов, поскольку мировое хозяйство сегодня развивается совсем другими темпами, чем сто лет назад.

## Что и как влияет на парниковый эффект

Поток солнечных лучей, который доходит до Земли, распределяется следующим образом: 31% солнечного излучения отражается обратно в космос, 23% теряется в атмосфере и примерно половина (46%) поглощается Землей (рис. 2). В результате Земля нагревается, и образуется направленный вверх поток инфракрасного излучения. Большую его часть поглощают облака, пары воды и другие парниковые газы, которые нагреваются и сами начинают излучать в инфракрасной области спектра. Часть тепла при этом уходит в космос, а часть возвращается обратно на Землю. Земля получает дополнительное количество тепла, и ее температура несколько увеличивается. Вот это дополнительное увеличение температуры и называется парниковым эффектом, а его расчет — основная задача всех климатических прогнозов.

Если бы парниковых газов не было и часть излучения не возвращалась бы снова на Землю, то температура поверхности Земли была бы минус 18°C, то есть на 33° ниже теперешней среднеглобальной (она равна плюс 15°C). Эту цифру легко посчитать с помощью уравнения радиационного баланса (1), в левой части которого стоит поток коротковолновой солнечной энергии, поглощаемой системой Земля-атмосфера, а в правой — поток длинноволновой энергии, излучаемой системой в космос:

$$\frac{1}{4} S_0 (1 - \alpha) = \delta \sigma T^4 \quad (1)$$

$S_0$  — поток солнечной радиации, проходящий на верхнюю границу атмосферы и равный 1368 Вт·м<sup>-2</sup>,  $\alpha$  — отношение пришедшего потока к ушедшему (альbedo Земля-атмосфера) = 0,31,  $\delta$  — коэффициент отличия земной поверхности от свойств черного тела (0,98),  $\sigma$  — постоянная Стефана-Больцмана ( $5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-4</sup>). Рассчитанная температура (-18°C), с одной стороны, определяет температуру нашей планеты как космического тела, а с

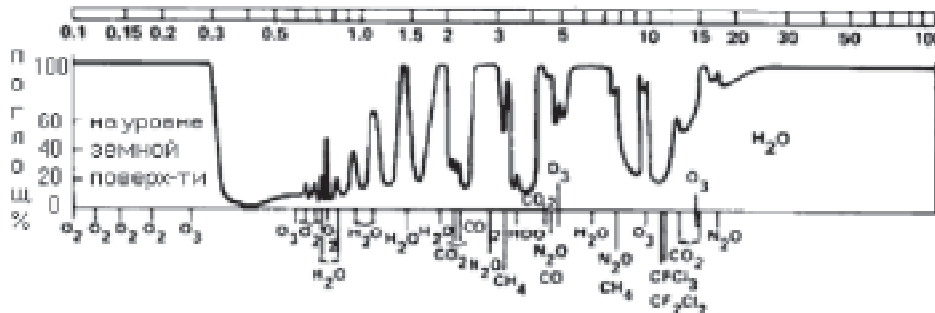
2

**Распределение потоков длинноволновой и коротковолновой радиации в атмосфере в процентах. 100 единиц солнечной радиации соответствуют потоку, равному 342 Вт·м<sup>-2</sup>. Из-за парниковых газов, которые возвращают часть излучения назад на Землю, поток, который попадает на Землю (146 единиц), больше потока, приходящего от Солнца (100 единиц). Помимо этого, возвращается назад и часть тепла, которая ушла вместе с тепловым потоком (7 единиц) и теплотой испарения (24 единицы). При этом сохраняется баланс потоков: как приходящих и уходящих в космос (+100, -100), так и приходящих и уходящих с поверхности Земли (+146, -146), то есть никакого нарушения закона сохранения энергии не происходит (6 единиц коротковолнового потока не считаются, поскольку они просто отражаются от поверхности)**

энергия, отн.ед.



длина волны, мкм



3

**Верхний график — теоретические кривые излучения черного тела с температурой 6000 К (Солнце) и 255 К (Земля). Нижний график — доля излучения (в %), поглощаемая различными атмосферными компонентами на разных участках спектра**



Парниковая эффективность различных газов по сравнению с эффективностью CO<sub>2</sub>, рассчитанная на одну молекулу газа

Газ	Относительная парниковая эффективность
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	30
N <sub>2</sub> O	200
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	1230
HCFC-22 (CHF <sub>2</sub> Cl)	7 500
CFC-11 (CFCl <sub>3</sub> )	22 000
CFC-12 (CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	25 000

другой — является «нулевой» отметкой для расчета величины парникового эффекта в градусах.

Баланс, который мы описали, справедлив для сегодняшнего содержания парниковых газов в атмосфере (пары воды, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, хлор-фторуглероды и O<sub>3</sub>). Как только содержание парниковых газов изменится, радиационный баланс нарушится и температура земной поверхности станет другой. Следовательно, зная, насколько парниковые газы изменяют радиационный баланс и как будет изменяться их содержание, мы сможем прогнозировать климат.

Влияние конкретного газа на радиационный баланс, а значит, и на температуру Земли, зависит от того, в какой области и как он поглощает ИК-излучение, его концентрации и от присутствия других соединений, поглощающих в том же диапазоне длин волн. По спектрам поглощения на рис. 3 видно, что большую часть уходящего длинноволнового излучения поглощают пары воды и углекислый газ. Окно относительной прозрачности есть только между 8-ю и 12-ю микронами, где излучают, главным образом, озон, хлорфторуглероды, закись азота и метан. Учитывая все факторы, можно расположить парниковые газы по степени их парниковой эффективности в ряд (таблица 1).

Увы, эффективность всех приведенных газов существенно больше единицы, и озонобезопасный фреон (HCFC-22) по парниковой эффективности только в три раза менее опасен, чем выводимые из производства озоноразрушающие CFC-11 и CFC-12. Это справедливо и по отношению к другим заменителям озоноразрушающих фреонов, что связывает проблему сохранения озонового слоя с проблемой сохранения климата.

Парниковый эффект, как мы уже говорили, зависит от концентрации

различных газов в атмосфере, но не просто во всей атмосфере, а в ее нижнем слое — тропосфере. Там находится более 75% стабильных парниковых компонент, поэтому именно из тропосферы возвращается практически весь поток ИК-излучения. Выше тропопаузы (15 км) излучение безвозвратно уходит в космос. Исключение из этого правила — озон. Его относительное содержание непрерывно растет с высотой и достигает максимума на высоте 20–25 км. Поэтому земное ИК-излучение, поглощаемое озоном, будет возвращаться на Землю вплоть до высоты 30 км, а убыль или рост стратосферного озона будут влиять на температуру Земли так же, как и изменение концентрации обычных парниковых газов в более нижних слоях — тропосфере. По расчетам получается, что истощение озонового слоя в течение последних 20–30 лет должно было привести к охлаждению земной поверхности примерно на 0,1°C. Подобные оценки, как и прогнозы изменений климата, делаются с помощью довольно сложных вычислений, поэтому имеет смысл немного рассказать об этом.

### Как прогнозируют изменения климата

В основе климатического прогноза прежде всего лежит связь количества парниковых газов с изменением температуры земной поверхности. Однако вычисление этого температурного отклика (по изменению концентрации газа узнать, как изменится температура) осложняется многочисленными и разнообразными обратными связями, которые еще не до конца понятны и недостаточно полно отражены в климатических моделях. Более простая задача — вычисление радиационного форсинга (изменение радиационного потока на уровне тропопаузы при изменении концентрации данной компоненты). Такие вычисления делают с помощью радиационно-конвективных моделей, в результате чего появляются аналитические выражения, связывающие форсинг с концентрациями

парниковых газов. Не вдаваясь в подробности, скажу, что для хлорфторуглеродов и озона, содержание которых в тропосфере относительно мало, форсинг линейно зависит от концентрации; для метана и закиси азота, которых заметно больше и поглощение которыми в центре полос близко к насыщению, форсинг пропорционален корню квадратному из концентрации, а для углекислого газа, которого в триста раз больше, чем метана, и поглощение которым происходит только в крыльях линий, форсинг пропорционален логарифму отношения концентрации.

Рассматривая далее радиационный форсинг как разницу, то есть нарушение баланса между приходящей и уходящей радиацией, можно найти изменение температуры земной поверхности, которое потребуется, чтобы этот баланс восстановить (в предположении, что эти факторы связаны линейным образом). В результате появляется аналитическое выражение, связывающее изменение температуры  $\Delta T_s$  с форсингом  $\Delta F_R$ :

$$\Delta T_s = \lambda_c \cdot \Delta F_R, \quad \lambda_c = 0,3 \text{ K}/(\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}) \quad (2)$$

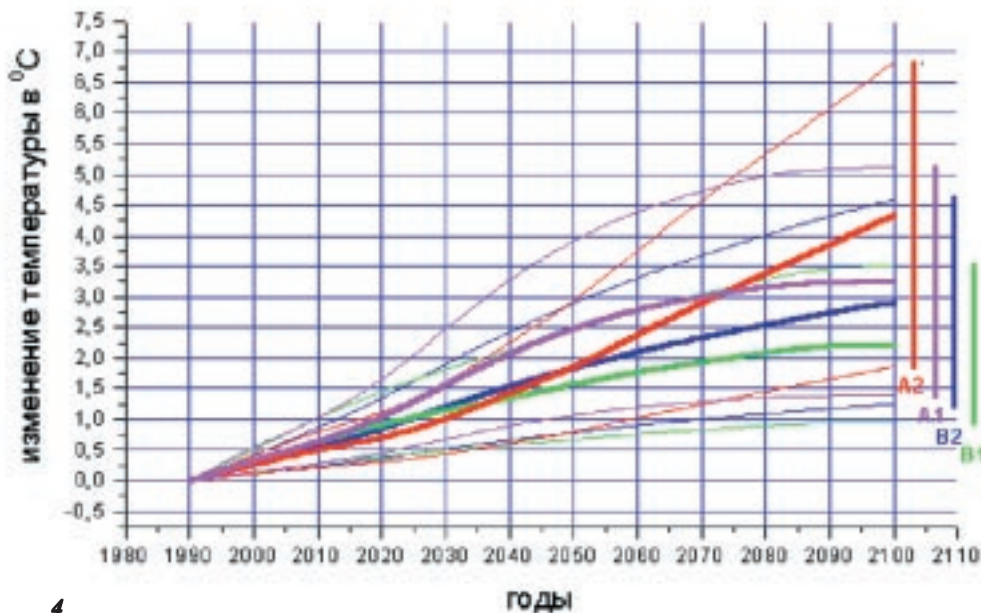
Однако оказалось, что при таком решении температурный отклик получается сильно заниженным, поскольку не учитываются обратные связи Земля-атмосфера (изменение влажности и другие факторы, приводящие к усилению парникового эффекта). Пришлось учитывать обратные связи (с помощью моделей), в результате чего для коэффициента получился диапазон значений: 0,3–1,1 K/(Вт·м<sup>-2</sup>).

Теперь, зная изменение концентраций парниковых компонент и их связь с форсингом, можно с помощью (2) и  $\lambda_c = 0,3 \div 1,1 \text{ K}/(\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2})$  сделать прогнозы.

### Прогноз будущих изменений климата

Для прогноза изменений климата в XXI веке воспользуемся сценариями выбросов парниковых газов на 2000–2100 годы, разработанными Межправительственным комитетом по изменению климата (IPCC — International Panel on





**4**  
**Изменение температуры поверхности Земли на протяжении XXI столетия по четырем сценариям эмиссии парниковых газов ИРСС. Жирными линиями указаны средние значения, а тонкими — возможный диапазон изменений. Цветными вертикальными отрезками справа указан диапазон изменений температуры в 2100 году по разным сценариям (A1, A2, B1, B2)**

Climate Change), который предложил четыре сценария (A1, A2, B1, B2) дальнейшего развития мира и соответствующие им меры по регулированию выбросов парниковых газов.

Сценарий A1 основан на быстро развивающейся мировой экономике, показатели которой будут максимальны к середине века, а затем начнут снижаться, и на быстром внедрении передовых технологий. По сценарию A1 пиковые выбросы парниковых газов будут таковы:  $\text{CO}_2$  — 16 200 Мт С/год (2050 г.),  $\text{CH}_4$  — 547,2 Мт/год (2030 г.),  $\text{N}_2\text{O}$  — 7,7 Мт N/год (2020 г.),  $\text{NO}_x$  — 52,5 Мт N/год (2030 г.),  $\text{CO}$  — 2470,7 Мт/год (2100 г.).

Сценарий A2 предполагает, что мир станет неоднородным, и экономическое развитие будет иметь региональную направленность. Показатели рождаемости в разных регионах начнут медленно сближаться, в результате чего население будет постоянно расти. По этому сценарию выбросы будут увеличиваться и достигнут максимума в конце столетия:  $\text{CO}_2$  — 28 800 Мт С/год,  $\text{CH}_4$  — 912,7 Мт/год,  $\text{N}_2\text{O}$  — 16,4 Мт N/год,  $\text{CO}$  — 2484 Мт/год.

Сценарий B1 предусматривает внедрение чистых и ресурсосберегающих технологий, которые позволяют существенно уменьшить выброс вредных веществ в атмосферу. Максимум выбросов придется на разные годы:  $\text{CO}_2$  — 10400 Мт С/год (2060 г.),  $\text{CH}_4$  — 445,8 Мт/год (2080 г.),  $\text{N}_2\text{O}$  — 8,9 Мт N/год (2050 г.),  $\text{NO}_x$  — 48,9 Мт N/год (2050–2080 г.г.),  $\text{CO}$  — 1067 Мт/год (2080 г.). Сценарий B2 — промежуточный вариант между сценариями A1 и B1.

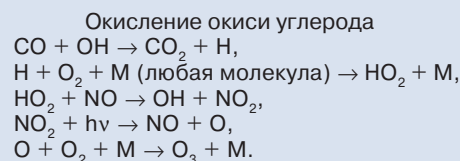
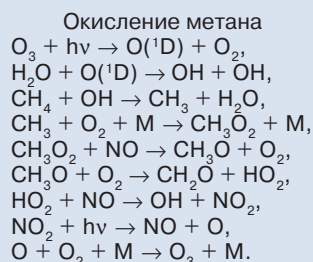
По этим сценариям рассчитали возможное изменение температуры в ближайшие сто лет (рис. 4), и получилось, что в любом случае температура будет расти. Средний прирост в конце века может составить от +2,2 до +4,3 градуса, а максимально возможный диапазон — от +1,0 до +6,8 градуса. Вклад  $\text{CO}_2$  в суммарный парниковый эффект может вырасти от 60% в 1990 году до 75–85% в 2100 году. На остальные парниковые газы в 2100 г. придется от 15% до 25% общего эффекта, причем примерно по одной трети на метан, озон и все остальные газы.

### Роль атмосферных химических процессов в изменении климата

Мы уже говорили о том, что озон — эффективный парниковый газ. Однако озон может влиять на глобальное потепление не только напрямую, но и косвенно. Это относится как к тропосферному, так и к стратосферному озону. Поскольку последние двадцать лет озоновый слой истощался, рассмотрим сначала косвенное влияние стратосферного озона.

Хорошо известно, что озоновый слой, максимум которого находится в стратосфере на высоте 20–25 км, полностью поглощает ультрафиолетовое (УФ) излучение в диапазоне длин волн 210–290 нм и частично — в диапазоне 290–320 нм. Излучение с большими длинами волн озон практически не поглощает. При истощении озонового слоя в тропосфере возникает повышенный поток УФ-излучения в диапазоне 290–320 нм, что провоцирует повышенное фоторазложение тропосферных газов, способных поглощать это излучение. К ним относятся озон, перекись водорода и формальдегид (рис. 5). Фоторазложение этих газов приводит к тому, что образуется больше уже хорошо нам известного радикала OH (см. «Химию и жизнь», 2000, № 7), наиболее важно тропосферного окислителя. Реакции OH с молекулами метана, HCFC и HFC, уменьшают их количество в тропосфере и снижают прямой парниковый эффект этих газов. Кроме того, парниковый эффект снизится еще больше из-за разрушения некоторого количества тропосферного озона в цепных реакциях водородного цикла (тоже с участием радикалов OH). Итак: истощение стратосферного озона должно косвенными путями уменьшать парниковый эффект.

Очевидно, что восстановление озонового слоя, которое ожидается в ближайшие 50–70 лет, в той же мере увеличит прямой парниковый эффект. С помощью математической модели средней атмосферы (0–100 км) мы количественно оценили влияние озона. Оказалось, что при истощении озонового слоя на 6,8 %, содержание тропосферного озона уменьшится на 2,6 %, а метана — на 5,5 %. Одновременно концентрация свободных радикалов OH в тропосфере увеличится на 5%, а концентрация  $\text{O}(^1\text{D})$  — на 12%. Понятно, что такие изменения уловить невозможно, поскольку концентрация OH и  $\text{O}(^1\text{D})$  слишком мала, но можно заметить сопутствующие эффекты. Так, после извержения вулкана Пинатубо в 1991 году ученые наблюдали в течение двух лет заметное снижение общего содержания озона, а заодно и замедление роста метана в тропосфере, хотя





## Ультрафиолетовое солнечное излучение

### СТРАТОСФЕРА

$\lambda < 290 \text{ nm}$        $290-320 \text{ nm}$        $\lambda > 320 \text{ nm}$

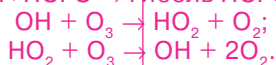
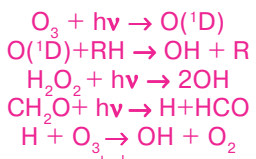
Здесь убыль озона ничего не меняет, так как даже его меньшее количество поглощает все излучение с такими длинами волн

Убыль озона — рост УФ-излучения

Здесь убыль озона ничего не меняет

Поток света велик, но химически не активен

### ТРОПОСФЕРА



## 5

### Тропосферные химические процессы, инициируемые уменьшением стратосферного озона

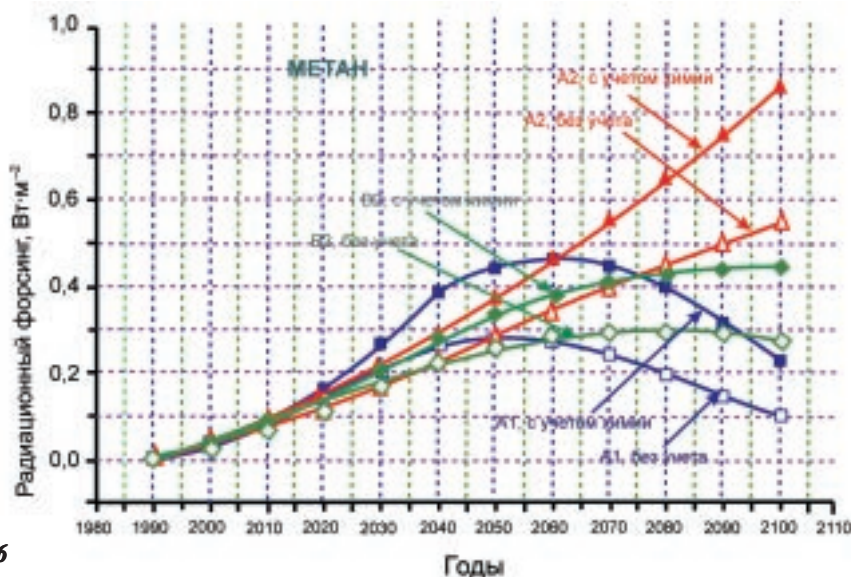


#### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Мы посчитали, что вклад метана в парниковый эффект по этой причине может к концу XXI века увеличиться на 60÷120%. Основным заменителем озоноразрушающих фреонов — HFC-134a ( $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ ), выброс которого будет расти в XXI веке, дает чуть меньшую цифру (+30)÷(+60)%. Наконец, учитывая то, что содержание тропосферного озона может к концу века возрасти от полутора до четырех раз и то, что озоновый слой восстанавливается, нетрудно сосчитать, что суммарный относительный вклад химических процессов в глобальное потепление может составить 6,6% (сценарий A1), 16,0% (сценарий A2), 4,6% (сценарий B1) и 12,9% (сценарий B2). Поскольку вклад химии по всем сценариям увеличивается, то с учетом заложенных тенденций, в будущем он может стать еще больше.

Мы рассмотрели действие только двух факторов, управляющих климатом: прямое действие парниковых газов и поправки, вносимые атмосферной химией. В действительности их гораздо больше, и все их надо учитывать в климатических прогнозах. Достаточно упомянуть аэрозольные частицы и многочисленные обратные связи в системе Земля-атмосфера, которые «оживают», как только меняется приземная температура. Стоит вспомнить и о региональных изменениях, которые могут привести к глобальным климатическим последствиям, о таких, как таяние льдов Антарктики и Арктики и сведение тропических лесов. Однако при всей сложности рассматриваемой задачи очевидно, что дальнейший рост эмиссии антропогенных парниковых газов в атмосферу неизбежно приведет к глобальному потеплению. И первые его признаки уже дают о себе знать.

Дополнительную информацию по изменению климата и его прогнозированию можно найти на сайте автора «Озоновый слой Земли» (<http://iklarin.narod.ru>).



никаких других причин для этого не было (рис. 5).

Теперь спустимся в тропосферу. Химические реакции, происходящие на этом уровне, могут тоже весьма существенно повлиять на ожидаемый парниковый эффект. Эти перемены будут зависеть от следующих причин: 1) рост тропосферного озона из-за роста эмиссии (и концентрации)  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_x$ ; 2) уменьшение концентрации  $\text{OH}$  радикалов из-за их гибели в реакциях с  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}$ ; 3) дополнительное увеличение концентрации  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCFC}$  и  $\text{HFC}$  из-за уменьшения концентрации  $\text{OH}$  радикалов.

Почему количество тропосферного озона будет расти? Он будет образовываться при окислении метана и окиси углерода, выбросы которых растут.

Теперь о радикале  $\text{OH}$ : рассмотрение вопроса показало, что повышение концентрации, главным образом, окиси углерода и в некоторой степени метана приводит к уменьшению концентрации радикалов  $\text{OH}$ . Чем меньше будет активного радикала, тем больше станет самого метана, а также молекул фреонов  $\text{HCFC}$  и  $\text{HFC}$ . В результате вклад метана и фреонов в парниковый эффект увеличится (рис. 6).



# Пирофиты — растения огня

*Дрова — это, как правило, мертвые растения. Но во время лесного или степного пожара горит все подряд. Откуда же взялось такое странное название статьи? Может быть, речь идет о каком-то ритуале, связанном со сжиганием таинственного растения?*

*Ничего подобного. Существует целая экологическая группа растений, жизнь которых связана с огнем. Они будто специально создают условия для пожаров, которые человек всегда считает страшной катастрофой.*

## Неопалимая купина

Древняя Палестина или Синай. Жарко. Невыносимо печет солнце, и воздух вдали колыхается волнами. То и дело возникают миражи: сказочные дворцы, озера с прохладной водой, оазисы с пальмами. А вот еще одно, вполне реальное, но столь же загадочное явление: купина. Высокая трава с неприятным запахом и клейкими листьями.

Неожиданно вокруг куста появляется странное голубое пламя. А само растение — диктамнус — не горит! Человек несведующий может запросто принять это за чудо. Но только не химик. Ему-то хорошо известно, что дело в эфирных маслах. Именно они горят голубоватым огнем, охлаждая при этом поверхность, с которой испаряются. У диктамнуса это поверхность листьев: стена голубого пламени не дает им погибнуть от жары.

Подобная связанная с огнем сложнейшая адаптация к жарким условиям — не единственный случай.

## Верховой пожар в эвкалиптовой роще

Перенесемся в современную Австралию, где растут самые высокие леса на Земле. Леса из эвкалиптов. Шелестящие суховатые листья крон вен-



«Коробочки» эвкалипта



Пожар в Национальном парке Какаду, Австралия

чают огромные колонны стволов. Стоят эти кроны на солнцепеке и ждут не дождутся огня. Он им необходим для жизни. Драматическое описание жутких верховых пожаров дала Колин Маккалоу в романе «Поющие в терновнике». Пожар с невероятной быстротой охватывает листья кроны и мчится, опаливая все что ни встретится на его пути. Герои романа в отчаянии, есть жертвы... А эвкалипту, организовавшему пожар, бедствие идет на пользу.

Дело в том, что его листья пропитаны эфирными маслами. Они приятно пахнут, целебны для организма и особенно хороши в русской бане! Но в лесу эфирные масла способны мгновенно воспламениться. Ветер мчит огонь, и так быстро, что ветви не успевают сгореть. От зеленого дерева остаются черный ствол и обугленные ветки. Некрасивое зрелище. Но зато гигантская крона приведена в порядок — сгорело множество мелких, затеняющих ее сучков, а так же старые, сухие ветви. Эвкалипт сам, с помощью огня, себя омолаживает, ведь ему негде искать садовника.

Огонь не только подстригает крону, но и обеспечивает питанием мельчайшие, как пыль, семена. Они упакованы в красивые коробочки, подобные маленьким перечницам. Коробочки плотно закупорены. Их откроет только огонь, жара. И тогда на мягкое одеяло плодородного пепла вы-

сыпятся миллионы семян. Только на расчищенном огнем пространстве, открытом солнечным лучам, в мягкой постельке из золы и могут взойти новые деревья!

А если пожар охватил крону во время цветения? Тогда дереву приходится жертвовать цветками. Но у него есть запас — бутоны, которые зреют два года. Наверное, долгое развитие цветков в бутонах — тоже своего рода приспособление к пожарам. Бутон у эвкалипта особенный. Он, как и плод, похож на коробочку, которая сверху прикрыта маленькой шапочкой. Ее форма подобна шлему русского воина. Шапочку эту, надежную защиту бутона от огня, ботаники называют калиптрой. Соответственно слово «эвкалипт» означает — растение, обладающее калиптрой. С одной стороны, эвкалипт ждет огня, с другой — бережется, и без техники безопасности здесь не обойтись.

## Степь, не обновленная огнем

Теперь заглянем в степь. Здесь случаются огромные страшные палы: налетела гроза, молния подохла траву и летит огонь, разгорается, сжигает сухую дернину. Но почки в основании сухих злаков остаются живыми, а зола подкармливает корни. Бывала я в замечательном заповеднике Аскания Нова, где придерживаются





принципа «заповедовать — так заповедовать». Там есть участки нетронутой, абсолютно заповедной степи.

Но, оказывается, охранять окружающую среду от малейших изменений — не значит действовать правильно. На этих участках старые сухие дернины разрослись так, что стали подпирать друг друга. Они похожи на злых стариков, которые размахивают огромными бородами сухой травы. Эти старики не пускали нежные тюльпаны и пестрые ирисы, которые и погибли. Крайне неприглядно, однообразно выглядит заповедная степь. А все оттого, что не разбили дернину копыта табунов, мчащихся на степных просторах, не опалил сухую траву огонь и не обновил степь!



**Рододендрон даурский**



**Рододендрон Адамса и скалы, на которых он растет**



**Пожар в эвкалиптовой роще**

### **Парикмахер для сибирских марей**

Весной рододендрон даурский покрывает забайкальские сопки алым и розовым цветом нежнейших цветков. Местные жители рододендрон называют багульником, хотя это совсем другое растение, состоящее с настоящим багульником в прямом родстве.

Ароматные листья рододендрона даурского пропитаны эфирными маслами. Разотрешь листочек — и чувствуется своеобразный запах. Конечно же эти эфирные масла растение придумывало не для отдушки изысканного мыла, а для пожара, который подстригает кусты. Заросли родо-



*Пожары в долине реки Зея,  
Хабаровский край,  
13 марта 2001 г.  
(По данным  
американского  
спутника «Терра»)*

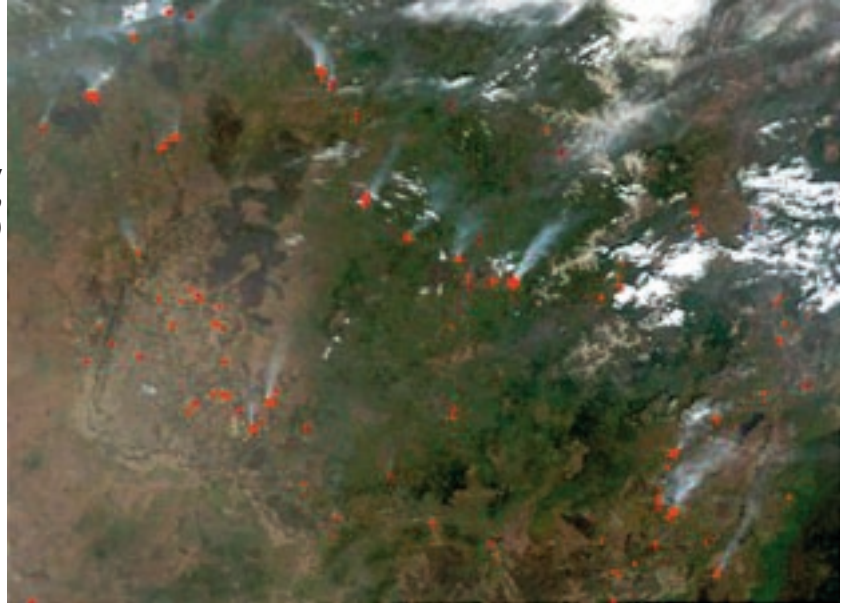


## ЗЕМЛЯ И ЕЕ ОБИТАТЕЛИ

дендрона, которые называют марьями, под палящим летним солнцем вспыхивают, и огонь сжигает ветви почти до основания. Однако ствол не гибнет. От притаившихся на нем спящих почек отрастут новые стволы. Кусты обновятся, а зола подкормит корни.

Однако не только рододендрон даурский обновляет себя огнем. Кашкара — рододендрон Адамса, который раньше называли душистым. Действительно, этот рододендрон душист и необычайно красив. Растет он, например, на Колыме, в горах долины реки Таскан. Небольшие кроны с круглыми соцветиями розовых цветков венчают высокие беловатые стволы. Цветки подобны прозрачному фарфору. Но пахнут не они, а листья, пропитанные целебными эфирными маслами. Вся эта красота однажды загорается, обугливается, а затем возрождается.

### *Лиственничная тайга в перерыве между пожарами*



### **Пожар под мамонтовыми деревьями**

Пирофиты возникли на эволюционном древе растительного мира куда раньше покрытосеменных растений, о которых речь шла выше. Огонь как инструмент подстрижки и подкормки издавна используют голосеменные с их хвоей и ветками, которые пропитаны легко возгорающейся смолой. Вспомните, как хорошо горят смолистые еловые или сосновые дрова. Кстати, может быть, не случайно шишки у них такие плотные — прячут семена от пожаров?

Раз уж разговор зашел о голосеменных, обратимся к самым знаменитым, самым высоким — секвой-

дендронам, мамонтовыми деревьям. Эти тысячелетние гиганты сохранились в Калифорнии. Высотой они соперничают с эвкалиптами, но в отличие от них не подстригаются. Зато внизу всегда лежит ковер из мелких веточек. Их никто не ломает: так, с ветками, опадает хвоя секвойдендронов. Но что делать с этим большим и плотным ковром? Хвоя накапливается, не дает дышать корням, плохо разлагается. И однажды на помощь приходит пожар, но уже не верховой, а низовой. Ползет, сжигает веточки, пропитанные смолой, а зола быстро вступает в круговорот веществ, подкармливая корни. Ствол же защищает толстая кора.

Подобных растений много: так же роняет веточки нежной хвои величественный таксодий в североамериканских лесах или криптомерия в Японии. Самая интересная из этой группы — куннингамия. Ее странная хвоя словно панцирь прилепилась к стеблю. Осенние бури срывают ветви, плотно устилая ими почву под ажурными кронами, а потом огонь помогает их переработать. Горит хвойный покров и под соснами и лиственницами, обеспечивая их питательными веществами.

Пирофиты растут в разных местах земного шара. Всех не опишешь. И по-разному они приспособляются, берегутся от огня, используют его для своей пользы. Такая жаркая любовь растений к яркому огню не случайна: с его помощью освобождается жизненное пространство для их новых поколений, происходит омоложение деревьев и кустарников, пополняется запас питательных веществ в почве. Как это ни странно, огонь полезен, иначе не росло бы на нашей планете множество растений, которые специально вырабатывают такие вещества, чтобы полегче сгореть!



# Благо лесного пожара



Пожар в парке  
П.Крюгера, ЮАР



С МИРУ ПО НИТКЕ

В течение четырнадцати лет ученые из Корнеллского университета изучали земляных белок, живущих в прерии западной части штата Айдахо. За это время их общая численность сократилась с 1000 до 600 зверьков, а 12 из 36 популяций оказались на грани исчезновения. Причина в том, что привычную для белок среду обитания разрушили усилия человека по предотвращению пожаров.

Степь, в которой живут белки, каждые 10–12 лет горела. Так было тысячелетиями. Местные растения к пожарам приспособились, а белки привыкли есть их насыщенные жиром семена. Когда человек пожары прекратил, экосистема стала разрушаться — в степи размножились новые виды растений. Их семена пришлись белкам не по вкусу. Кроме того, выросшие сосны преградили пути миграции. В результате зверькам стала угрожать опасность вырождения: популяция разбилась на мелкие колонии, которые, как свидетельствует анализ ДНК, друг с другом не скрещиваются.

На севере австралийского штата Квинсленд коровьи пастбища быстро зарастают древесными сорняками — каучуковым деревом и колючей акацией. Как с ними бороться? Местные фермеры вместе с австралийскими учеными

провели исследование и выяснили, что, если каждые десять лет устраивать пожар, численность этих сорняков вполне можно поддерживать на приемлемом уровне.

Ученые из Луизианского университета изучали последствия борьбы с разливами нефтепродуктов на воде. Один из способов — сжигать их непосредственно на месте. Но что будет с прибрежными зарослями тростников? Чтобы это выяснить, ученые сажали растения в шестиметровые бассейны, заливали их сначала водой, потом соляной и в присутствии пожарных поджигали. Пожар длился от 5 до 20 минут.

За это время верхние, торчавшие из воды части растений сгорали. Но оставшиеся под водой черешки сохраняли свой зеленый цвет. Ученые считают, что после пожара побеги растений отрастут быстро — ведь корни сохранились, а в огне сгорели и толстая пленка нефтепродукта, и содержащиеся в нем яды. Остался лишь пепел, легко поддающийся биодеструкции.

Директор лаборатории Аризонского университета Томас Светнам, специализирующийся на истории лесных пожаров, утверждает: «Главный парадокс борьбы с лесными пожара-

ми состоит в том, что чем лучше мы охраняем лес, тем больше горючего материала в нем скапливается и тем мощнее будет последующий пожар». Поэтому превентивные пожары — благо. Однако, подготавливая их, нужно учитывать глобальные климатические явления и не разжигать огонь, если метеорологи обещают продолжительную засуху.

*Сжигание саванны  
в парке Какаду, Австралия*

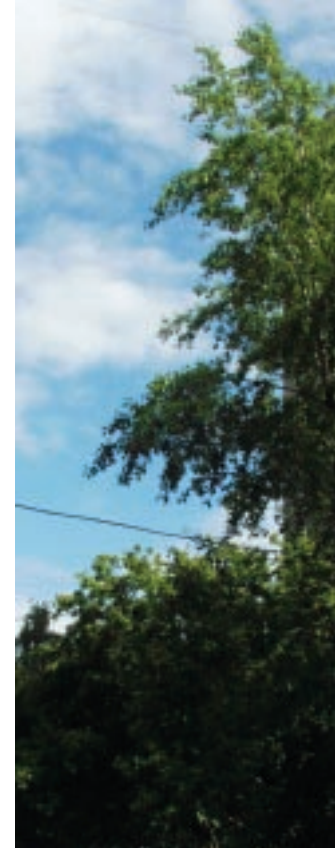


В Техасском университете в 2000 году создали специальный Центр экологии пожаров, специалисты которого считают, что сжигать траву в прерии просто необходимо. Пожар возвращает в почву питательные вещества и дает пространство для новых побегов. В результате увеличивается биомасса растений, они дают больше семян, то есть питания для животных, а вот насекомых становится меньше. «Конечно, сразу после пожара прерия выглядит печально. Но уже к середине мая сожженные участки смотрятся значи-

тельно привлекательнее уцелевших: ведь обнаженную землю солнце лучше прогревает и трава растет быстрее», — говорит профессор этого центра Роб Митчелл.

Многолетний эксперимент, который австралийские ученые проводят в Национальном парке Какаду на севере Австралии, регулярно сжигая лес и саванну на площади в 250 кв. км, показал, что оптимума биоразнообразия удается достичь, если устраивать пожары каждые три—пять лет.

В самом большом заповеднике ЮАР — Национальном парке П.Крюгера стратегию защиты от пожаров меняли несколько раз. Одно время лесники пресекали все пожары. Этот путь привел к нежелательным изменениям в экосистеме и снижению биоразнообразия. Затем стали применять циклы контролируемых пожаров по всему лесу. Результат был таким же. Теперь, с середины 90-х годов, тушат все пожары, возникшие по вине человека, и не борются с теми, что вызваны природными силами. Однако при этом «можно попасть в ловушку, как это случилось в Калифорнии, где на земле скопилось столько горючего материала, что местные лесники оказались в безвыходной ситуации» — считает южноафриканский эколог Роберт Шолес.



# ТЛИНЫЙ ВОЙЛОК

**В** «Географическом описании России» под редакцией В.П.Семенова (1902) приведено любопытное наблюдение: «Черноземные дороги бывают особенно хороши во время бабьего лета, когда масса легкой паутины, носящейся в воздухе, садится на дороги и, так сказать, сковывает их, не давая возможности образоваться на них пыли, а только слегка перепавшие дождички не обращают их в липкую грязь...» Но если множество эфемерных белковых волокон способно дать столь ощутимый эффект, то как велики должны быть последствия для окружающей среды от многотонной массы волокон, производимых растениями в момент их размножения!

В Курске, как и в других городах России, высажено множество тополей. Дерево это неприхотливо, с обширной кроной, легко размножается черенками, быстро растет, а кроме того, выделяет фитонциды и хорошо переносит индустриальные загрязнения. Казалось бы, всем хорош тополь — замечательное, истинно народное дерево.

Да вот беда — в начале лета на женских экземплярах (как и все иво-



вые, тополь — двудомное растение) очень щедро созревают коробочки плодов, собранные в длинные сережки, а из них вылетает масса мелких семян с нежными шелковистыми волоконцами. Любой горожанин знаком с этой белой метелью, свободно гуляющей по улицам. Назойливый пух неприятен и сам по себе, а кроме того, он захватывает и перемещает разнообразные городские загрязнения.

Недавно американские ученые обнаружили в клетках легочной ткани курильщиков целлюлозные волокна из сигаретного фильтра и сделали пред-

положение, что этот фактор может сам по себе способствовать развитию злокачественных новообразований. Не приводит ли к таким же последствиям тополиный пух, ведь он тоже состоит из целлюлозы?

Между тем нашествие пуха может быть неожиданным образом предотвращено.

...Неурожайный на продовольственные культуры 1999 год в Курске обещал невероятное обилие тополиного пуха. В положенное время ветви деревьев набухли и отяжелели от белой волокнистой массы, количество которой, казалось, побьет все рекорды. К тому же с самого начала июня установилась жаркая и сухая погода, идеальная для созревания и распространения семян. Вышло, однако, иначе.

В первые дни тополиный пух вел себя как обычно, а затем, не достигнув апогея, белая метель стала ослабевать, хотя запасы пуха на деревьях еще не иссякли. Вначале рыхлые и рассыпчатые, хлопья стали почему-то собираться в крупные плотные лоскуты, напоминавшие войлок, и лениво сползали с деревьев на тротуары, как руно с овец при стрижке.

Что же произошло? Как выяснилось, созревание тополиного пуха совпало с массовым размножением на дере-





Фото М. Литвинова

вях мелких насекомых — тлей. Вероятно, еще в мае от необычайно сильных и продолжительных холодов пострадали божьи коровки, и в отсутствие естественных врагов тлей развелось видимо-невидимо.

А много тлей — много пади. Тля, как и все равнокрылые насекомые, питается соками растений. Пищеварительная система у них устроена весьма своеобразно. Обычно у насекомых передний, средний и задний отделы кишечника последовательно переходят друг в друга. У тлей же передняя кишка соединена и со средней, образующей петлю, и с задней. В передней кишке содержимое фильтруется, белки и другие высокомолекулярные соединения отправляются в среднюю кишку, а вода с сахарами, минералами, — в заднюю. Благодаря этому экскременты у тлей жидкие, сладкие и липкие. Они содержат сахарозу, глюкозу, фруктозу, мелизитозу (в сумме до 40%), декстрины, маннит, дульцит и некоторые другие вещества. Это и есть падь, которая так нравится пчелам. Особенно ее много в сухую и жаркую погоду.

Получилось, что липкие выделения великого множества насекомых склеили тополиный пух, лишили его возможности разлетаться и превратили в войлок. При этом сами тли запутывались и становились пленниками в лабиринте волокон. Освобождаясь в конце концов от пушистой шубы, деревья очистили себя и от вредителей.

Конечно, лучший способ избавиться от нашествия пуха — не сажать женские деревья (хотя мужские особи тополя после обрезки ветвей иногда тоже начинают производить пух). Но нельзя ли хотя бы в некоторых случаях использовать подсказку природы и каким-то образом, возможно, с применением технических средств, склеивать вредоносный пух? Жаль было бы вырубать тополя, которые органически вписались в городской пейзаж.

Профессор  
**А.В.Кулик**



**М.Диев**

# Тополя

*Ядовито-сладкое солнце. Сочный мартовский снег. Маняще-приторный аромат осинового опилок. Лесник Коля пилит дрова.*

*При детях не выражается — в промежутках между стрекотом своей, постоянно гложущей пилы «Дружба», высказывается восторженно и загадочно: «Ну вот, опять! Хотя, в общем, если даже не очень, то, как бы сойдет...»*

*В ароматной осинового древесины — осколки снарядов последней войны — Великой Отечественной.*

*— Дядя Коля, а вы знаете, что осина — по-научному называется «тополь дрожащий»?*

*— А то! Впрочем, как посмотреть... Если, короче говоря, то, стало быть, — понятно.*

*Ох, дядя Коля, — все-то он знает!*

*Тополя, тополя... Малиновые гусеницы соцветий, смолистые молодые листья. Как любили вас сорок лет назад! Как бранят сейчас.*

*В восьмидесятых годах мучила вас тополияная моль, вы были неряшливы и убоги. Именно тогда стали писать об аллергии на тополиный пух и его пожароопасности. Чуть позже — об энергетическом вампиризме.*

*Уж эта мода! Бывало, ляпнет популярная газета о том, что свежие тополиные спилы, привязанные к телу, болезни отсасывают, глядишь, уже клуб больных образовался в районной поликлинике, сидят дяденьки и тетеньки с чурбаками вместо шляп — от «головы» летачья!*

*Любите тополя! Они... хорошие. Потому что разные. Посмотрите, как величавы американские тополя бальзамические, которые растут в наших городах уже лет 200! Как изящны и трепетны тополя белые. Как проникновенно печальны плакучие тополя Симона. А взгляните, какие замечательные гибриды украшают наши улицы! Вот гибрид тополя белого и тополя пирамидального — дерево с узкой кроной и зеленой корой. Вот гибрид тополя черного и тополя Симона, с кроной широко-пирамидальной. Вот раскидистый тополь ивантеевский.*

*Впрочем, наиболее привычен в России гибридный тополь московский — тощий такой, противный... Лет сорок — пятьдесят назад, когда его сажали повсюду, он тоже был симпатягой, а сейчас — просто состарился. Вывели его специально для блиц-озеленения больших городов. Увы, быстрый рост дерева не всегда связан с долголетием...*

*Всенародная нелюбовь к тополям в последние годы коснулась и ботанических садов. Многие прекрасные гибриды уничтожены. Хотя, надеюсь, сохранились где-нибудь в городских скверах и парках.*

*Я вот на днях в квартале от своего дома заметил группу тополей с плотными продолговатыми кронами — неизвестный мне сорт. Обязательно расчеренкую и посажу аллею по дороге к даче. Между нами говоря, не знаю деревьев, более устойчивых к загрязнению воздуха. А чтобы от аллергии уберечься и от пожара, пожалуй, чурку себе к затылку привяжу тополиную.*

*Это, в общем, как-то так, хотя, наверное, и ничего!*

ИЗ ПИСЕМ В РЕДАКЦИЮ



# Химическое оружие растений и насекомых: пирролизидиновые алкалоиды

Кандидат  
химических  
наук  
**А.С.Садовский**



*Гелиотроп*

*У растений нет рогов и копыт, они не могут укрыться от врагов. Поэтому бороться им приходится химическими методами. Скорее всего, именно пирролизидиновые алкалоиды многим растениям служат боевыми отравляющими веществами. Интерес к этим алкалоидам у автора возник, после того как он их попробовал на вкус, поедая окопник (о нем рассказано в «Химии и жизни», 2000, № 8). Народные травники не относят это растение к сильно ядовитым, однако после прочтения специальной литературы опыты на себе и родственниках пришлось прекратить. Еще бы: по ядовитости пирролизидиновые алкалоиды (далее ПА) окопника можно сравнить чуть ли не с диоксинами или бензпиреном.*

## **Ядовитые кроталарии**



## **Минздрав ФРГ предупреждает**

В специальном докладе Всемирной организации здравоохранения за 1998 год уровень риска при употреблении окопника оценен дозой 1 мг ПА в день. Это количество содержит всего один листочек. По нормам фармакопеи ФРГ, утвержденным в 1992 г., безопасная суточная доза составляет всего 0,1–1 мкг суммы всех ПА, включая и их N-окиси, — то есть одну тысячную листочка окопника. Некоторые из этих ПА в опытах с мышами проявили себя канцерогенами; наиболее явно — лазиокарпин.

Среди лекарственных растений окопник отнюдь не единственное, содержащее ПА. Вот список аналогов:

— в семействе бурачниковых кроме него — роды бораго (бурачник), воловик (анхуза), воробейник, гелиотроп, медуница, чернокорень;

— в семействе астровых (сложноцветных) — роды арника, крестовник, мать-и-мачеха, эхинацея и белокопытник.

Если сюда добавить незабудку (тоже из семейства бурачниковых), то получится список почти всех изготовителей ПА, которых можно встретить в умеренных широтах в естественной или окультуренной форме. На юге их больше. Всего около 3% известных растений (более 6000 видов) содержат примерно 360 структур ПА. Кроме бурачниковых и астровых, они есть в орхидеях и в одном весьма многочисленном роде бобовых — кроталариях. Чем же опасны растения с ПА?

Посмотрим на краткий список вызванных ими бедствий.

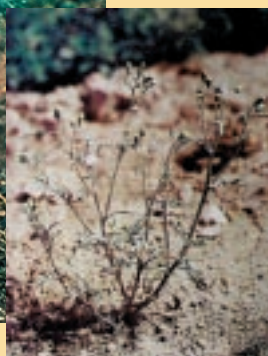
## **Что поможет австралийским фермерам?**

Как не раз случалось в Австралии, завезенный сюда из Европы вид растений, в данном случае ядовитый гелиотроп европейский (*Heliotropium europaeum*), размножился значительно сильнее, чем на родине. В засушливые годы, когда сорняки особенно изобильны, погибает каждая третья овца, которая паслась на поле с гелиотропом.

Поскольку вывести этот сорняк трудно, попытались лечить животных с помощью витамина В<sub>12</sub>. Как обнаружили ученые в опытах «in vitro», этот витамин (имея порфириновую структуру, как у гемоглобина, но с кобальтом в центре вместо железа) способен активизировать микрофлору, обезвреживающую гелиотропин, главный алкалоид гелиотропа. В полевых условиях овцы получали препараты Со, а В<sub>12</sub> из него делали микроорганизмы, которые всегда живут в пищеварительном тракте жвачных животных. Однако ощутимого положительного результата достичь не удалось. А вот добавка в корм ионов Си дала явно отрицательный результат — медь повысила токсичность ПА.

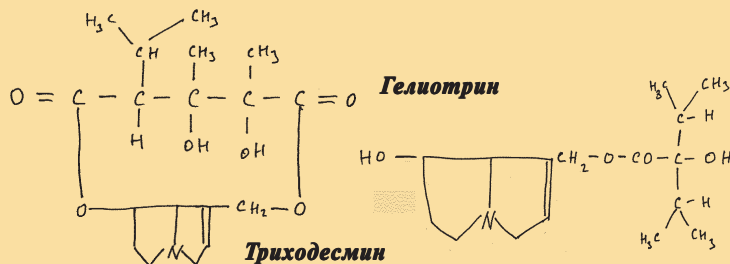
Не совсем удачно кончились попытки очистить пастбища от гелиотропа с помощью его естественных вредителей. В рамках международной австралийско-французской программы на родине гелиотропа, Средиземно-





Алкалоиды — азотсодержащие органические основания природного (преимущественно растительного) происхождения. Помимо C, H и N молекулы алкалоидов могут содержать атомы S, реже Cl и Br. Обычно алкалоидам присваивают тривиальные названия, используя видовые или родовые названия алкалоидоносов с прибавлением суффикса «ин».

Химическая энциклопедия



**Крестовники:**  
Якова и обыкновенный

**ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ**

морском побережье, отобрали две культуры грибов, поражающих растение на разных стадиях его цикла развития, а также питающегося им жучка. Увы, надежда на то, что победа над гелиотропом войдет в учебники как пример полной биологической блокады пастбищного сорняка, пока не оправдалась: для вредителей австралийский климат оказался слишком засушливым.

Впрочем, в помощи нуждаются не только австралийские фермеры. Падёж крупного рогатого скота от ПА разных видов крестовника на юге Бразилии бывает почти таким же (15%). В дополнение к местным видам в Америку попал и завезенный из Старого Света крестовник Якова (он же крестовник суходольный).

## Эпидемии без инфекций

В Узбекистане есть заболевание, известное в народе как «верблужий живот», а среди медиков — токсический гепатит или венозно-окклюзивная болезнь. Симптомы: вздутие живота, отек печени, кровавая рвота, цирроз. В иные годы эта болезнь приобретала масштаб эпидемии и поражала тысячи людей. Например, в 30-е годы XX века смертность от нее достигала 15%. Советские специалисты сумели найти причину заболевания: семена сорного гелиотропа (*H. lasiocarpium*) в пищевом зерне. Значительно позже получил печальную известность аналогичный случай в Афганистане, когда в районе с населением 35 тысяч за-

Таблица  
Относительная восприимчивость к пиrolлизидиновым алкалоидам

<b>Мышь</b> .....	<b>1,0</b>
Человек .....	0,1
Корова .....	0,2
Лошадь .....	0,35
Кролик, коза .....	6,0
Овца .....	15
Морская свинка .....	26
Японский перепел .....	122,5
Песчанка .....	182

болело 8 тысяч человек и каждый четвертый больной умер. Последнее массовое отравление людей этими семенами случилось в 1992 году в Таджикистане. Вызывающие болезнь алкалоиды гелиотропа, гелиотрин и лазикарпин, которые разрушают печень человека, открыл и описал в 1932–1935 годах Г.П.Меньшиков, впоследствии профессор Московского химико-фармацевтического института им. С.Орджоникидзе. Гелиотрин стал первым подробно исследованным ПА.

Столь же тяжелое заболевание, но протекающее совсем по-иному и поражающее не печень, а центральную нервную систему (скрытый период десять дней, головные боли, потеря сознания, бред, удушье), проявилось в 1942–1951 годах в Ферганской долине. Сперва его называли энцефалитом. Из 200 заболевших взрослых людей скончалось 44. Впоследствии нашли причину: в пищу попали семена сорняка *Trichodesma incana* (бурчанниковые), которые содержат 1,5–

3,1% триходесмина и инканина. После принятия оргмер — борьба с засоренностью полей, контроль чистоты зерна и т.п. — заболевание прекратилось. Кроме как в Узбекистане, его нигде не наблюдали, и это не случайно: столь ядовитая триходесма встречается только там. Триходесмин также был обнаружен в некоторых видах кроталарии, но при употреблении в пищу семян этого растения страдала лишь печень.

## Отравляющие вещества растений и насекомых

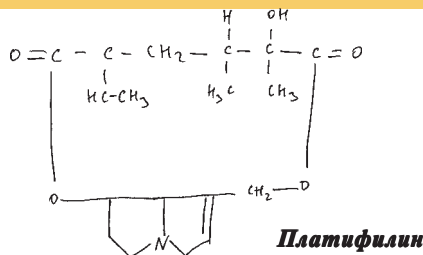
Химическое оружие растений в ходе эволюции совершенствовалось тысячелетиями, наряду с другими видами защиты — шипами, колючками или маскировкой. Однако противник разрабатывал средства нейтрализации. В результате совместной эволюции именно травоядные животные, которые обитают среди растений, содержащих ПА, оказались наименее восприимчивы к ним. Так, лабораторные мыши почти в 200 раз чувствительнее к ПА, чем грызуны полупустынь — песчанки (см. таблицу). Это связано с тем, что организм привычного к яду животного вырабатывает ферменты, ускоряющие ту или иную стадию превращения алкалоида в печени. Например, у морской свинки налажено производство фермента, который катализирует превращение ПА в менее токсичные N-окиси.

А лучше всего к жизни с ядовитыми растениями приспособились тра-



Большинство алкалоидов — бесцветные кристаллические вещества, по химической природе представляющие гетероциклические соединения с атомами азота в цикле. Большинство алкалоидов — ценные лекарственные препараты; многие из них сильнейшие яды. Некоторые алкалоиды обладают избирательным действием на различные отделы нервной системы, сосуды, мышцы и т.д.

Большая советская энциклопедия



**Мотылек креатонос с длинными корематами**

воядные насекомые. Известны представители многих отрядов (бабочки, жуки-листогрызы, кузнечики, тли), которые вообще нечувствительны к ПА. Более того, некоторые из них взяли отравляющие вещества растений себе на вооружение. Ход эволюции виден на примере жучка-листогрыза *Oreina*: одни его виды вырабатывают собственный яд, выделяемый экзокринными железами; другие к собственным добавляют ПА, извлекаемые из растений. На высшей ступени эволюции оказался вид, полностью перешедший на растительные ПА, спасаясь с помощью синтезированных растениями веществ от хищных птиц.

Есть бабочки, которые извлекают ПА из растений и накапливают их на всех стадиях метаморфоза, от гусениц и до крылатых насекомых. Некоторые бабочки обзаводятся ПА только в зрелом возрасте (*Danainae*, *Ithomiinae*), извлекая ПА из нектара цветков или даже просто из омертвевших, повядших частей. Для этого они испускают специальную слизь (видимо, подкисленную) и потом засасывают экстракт. Содержание ПА может достигать 20% от сухого веса бабочки. Накопленный яд переходит в яйца: крохотное яйцо бабочки может содержать 0,8 мкг ПА (считай точную фармакопейную дозу ФРГ).

Бабочки и жучки приспособились держать в себе ПА в менее токсичной форме N-окисей. У них, как и у морской свинки, ПА превращаются в N-окись с помощью фермента, только он более эффективен, высокоизбирателен и работает лишь с токсичными ПА. Попадая с насекомым в желудок неприятеля, N-окись превращается в

токсичное пиррольное соединение, и свершается акт возмездия. Но чтобы до этого дело не дошло, насекомое своей яркой окраской предупреждает: «Осторожно, яд!» Относительная легкость образования N-окисей, прищущая ПА, очень удобна: эти реакции хорошо вписываются в биохимические цепи животных и растений. Не случайно их используют разные генетически не связанные виды.

Однако не всех насекомых устраивают достижения растений в деле синтеза ПА. Некоторые модифицируют растительные ПА. Например, алкалоиды креатонотин и каллиморфин найдены только у насекомых. Доказано, что они синтезируют их переэтерификацией ПА, извлекаемого из растений, заменяя исходный остаток нециновой кислоты на вещество собственного изготовления.

Насекомые используют ПА и в мирных целях. Мотыльки нескольких семейств, например *Cretonos*, приспособились перерабатывать гелиотрин в феромон — мужской половой аттрактант спаривания гидроксиданидал. Чтобы его использовать по назначению, то есть распылять в воздухе для привлечения бабочек, появились специальные органы — корематы, достигающие у некоторых видов внушительных размеров. Иные вообще сделались ПА-зависимыми — без алкалоидоносных растений они просто не могут размножаться.

## ПА для соседа по даче

В умеренном поясе, в отличие от южных стран, случайно отравиться ПА

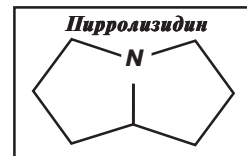
невозможно, и вот почему: наши дикорастущие бурачниковые (незабудки, окопник, медуница) не засоряют зерно своими семенами; содержание ПА у них в 100—1000 раз меньше, чем у южных видов; отравление медом или пергой, собранными с растений, содержащих ПА, пока еще никто не зафиксировал.

Превысить уровень риска по количеству ПА, можно лишь поедая ядовитые растения или принимая их вместе с лекарственными травами. Но и этот канал почти не работает. Бурачниковые в русской народной медицине не малопопулярны, они не «фармакопейные» растения, их в аптеке не продают. Бораго в народе больше известно не как лекарственное растение, а как заменитель огурцов в начале лета — огуречник или огуречная трава. В литературе трудно найти описание случаев отравления им, равно как и обстоятельные сведения о составе его ПА. Однако следует ожидать, что в ближайшее время данные о составе появятся в печати: бораго на Западе интенсивно внедряют как техническую масличную культуру. Бораговое масло, богатое сверхнепредельными жирными кислотами и токоферолами (витамины F и E), запатентовано и проходит опробование в парфюмерной промышленности и в ветеринарии как заменитель рыбьего жира. Идет разработка методов анализа масла и, очевидно, допустимых примесей ПА. С окопником ситуация понятная.

Представителей астровых (исключая крестовник) легко можно купить в обычной аптеке. Арника горная и эхинацея пурпурная если и содержат ПА, то лишь нетоксичный туссилагин или его производные и то в малых количествах. А вот в мать-и-мачехе (*Tussilago farfara*) в основном присутствуют разрушающие печень и подозреваемые в канцерогенности сенецифиллин и сенкиркин. Случаи смертельного отравления мать-и-мачехой известны в меньшем количестве, чем отравления окопником. Тем не менее сотрудники Венского университета горды тем, что получили культуру мать-и-мачехи, листья которой сво-



# ЖИЗНЬ ПА в организме травоядного



ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

ЖИВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ



Жучок орешка

бодны от ПА. Возможно, принимая стакан настоя мать-и-мачехи против кашля или съедая в салате листик окопника, человек рискует здоровьем не больше, как когда выкуривает сигарету. Но курящих постоянно предупреждают о риске...

Вообще же в качестве лекарственных препаратов используют как нетоксичные, так и токсичные ПА. Платифиллин и саррацин, которые выделяют из кавказского крестовника *Senecio platiphillus*, по применению аналогичны алкалоиду атропину, как болеутоляющее средство. N-окись индицина, выделенная из гелиотропа индийского (*H.indicum*), пытались испытывать как противораковое средство. Исследователи при этом, по-видимому, исходили из данных восточной медицины. Стремясь избежать влияния на печень, препарат вводили путем инъекций, исключая тем самым переход N-окиси в свободный индигин в желудочно-кишечном тракте. Однако уйти от побочного действия не удалось — восстановление N-окиси у человека, оказывается, протекает и вне желудка.

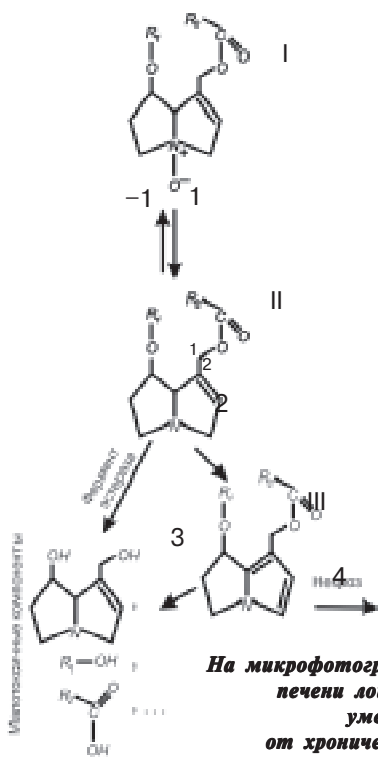
В общем-то понятно, что с этими интересными веществами все не столь просто, как может показаться на первый взгляд. Видимо, и биохимикам, и биологам-трансгенщикам есть где разгуляться, работая с растениями—поставщиками пирролизидиновых алкалоидов.

Чаще всего пирролизидиновые алкалоиды (ПА) представляют собой моно-, ди- или циклические эфиры так называемых нециновых кислот и нецинового аминокгликоля (производного пирролизидина). Довольно легко ПА образуют подобные солям соединения — N-окиси (I на рис.). Несколько упрощенно можно считать, что ПА (II на рис.) сами по себе малоядовиты, ядовит пиррольный промежуточный продукт (III на рис.) их превращения в печени. Степень же воздействия зависит от дальнейшей судьбы этого продукта: либо он подвергнется биодеструкции (стадия 3 на рис.), либо, в силу высокой реакционной способности, прореагирует с живой тканью (стадия 4 на рис.), что приведет к ее омертвлению.

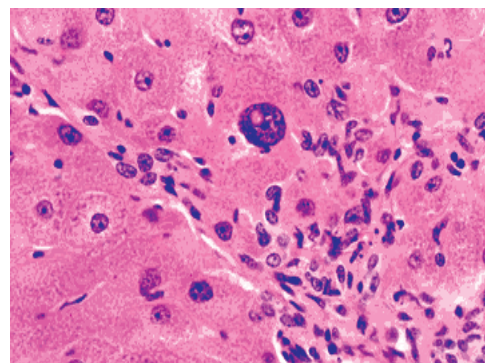
А ядовитость ПА связана с их строением: это непереносимое наличие С=C-связи в положении 1,2; наличие остатков нециновых кислот (прежде всего для метоксильной группы); высокая реакционная способность самих нециновых кислот из-за разветвленного скелета, а так же множества ненасыщенных связей или наличия оксигрупп. Ядовитые ПА (около 250 структур) поражают только печень, единственное исключение — триходесмин: почему-то он сразу действует на центральную нервную систему.

Чувствительность к ПА зависит от того, как ферменты катализируют разные стадии их превращения в печени. Если стадия ароматизации (2 на рис.) медленная, а деструкция (3 на рис.) протекает легко, то соединение III не успеет накопиться в количестве, достаточном для поражения ткани. Токсичность N-окиси примерно в пять раз меньше, чем у соответствующих свободных алкалоидов, поэтому дополнительная стадия восстановления (1 на рис.) сдерживает накопление ПА. Это превращение идет вне печени, обычно в желудочно-кишечном тракте. Некоторые животные приобрели способность осуществлять стадию в обратном направлении (-1 на рис.).

Чувствительность к ПА зависит от того, как ферменты катализируют разные стадии их превращения в печени. Если стадия ароматизации (2 на рис.) медленная, а деструкция (3 на рис.) протекает легко, то соединение III не успеет накопиться в количестве, достаточном для поражения ткани. Токсичность N-окиси примерно в пять раз меньше, чем у соответствующих свободных алкалоидов, поэтому дополнительная стадия восстановления (1 на рис.) сдерживает накопление ПА. Это превращение идет вне печени, обычно в желудочно-кишечном тракте. Некоторые животные приобрели способность осуществлять стадию в обратном направлении (-1 на рис.).



На микрофотографии печени лошади, умершей от хронического отравления ПА, видно множество новообразований и областей с разрушенными гепатоцитами



Получается картина, подобная схеме алкогольного отравления, при котором ядом служит не спирт, а продукт его распада, альдегид (формальдегид в случае метанола). Если последующее превращение альдегида протекает вяло (недостаточно фермента), последствия злоупотребления спиртным становятся тяжкими. То есть в зависимости от того, как печень обрабатывает ПА, одни люди могут, не испытывая отрицательных эмоций, есть салаты из окопника, а другие рискуют заработать цирроз, попивая отвар мать-и-мачехи или иван-чая.



# Маша и бромтолуол

Редакция получила письмо от Марии Володиковой из города Благовещенска. Она, в частности, пишет: «В этом году я поступала в медицинскую академию. Задача — смешали бром с толуолом, масса реагентов известна, определить массу продуктов реакции. Я написала реакцию и привела расчет. Экзаменатор сказала, что задачу я решила неверно, но сказать, в чем состоит моя ошибка, отказалась. На апелляции экзаменатор сказала, что продуктом реакции является трибромтолуол. Дополнительные вопросы, которые она задала после ответа на теоретическую часть билета, она назвала подсказками. Я стала возражать...»

Мы попросили прокомментировать эту историю нашего консультанта, доцента химического факультета МГУ И.А. ЛЕЕНСОНА. И вот что он нам поведал...

Прежде всего задача в том виде, в котором она приведена в письме («Смешали бром с толуолом, масса реагентов известна, определить массу продукта реакции...»), некорректна, если условия реакции не оговорены, и вот почему.

Метильная группа как заместитель в бензольном кольце является ориентантом 1-го рода. Это означает, что группа относится к электронодонорным, то есть она увеличивает электронную плотность в кольце. Это увеличение не равномерное: как показывает эксперимент и подтверждают квантово-химические расчеты, наибольшее повышение электронной плотности происходит в орто- и пара-положениях относительно заместителя. Значит, реакции электрофильного замещения (то есть когда атакующая группа несет положительный заряд — полный или частичный) будут значительно ускоряться именно в эти положения кольца. В результате получится смесь орто- и парабромтолуолов. Таким образом, приведенную в письме структуру мета-бромтолуола справедливо могли счесть ошибкой. Бром снижает электронную плотность в кольце, поэтому последующее замещение атомов водорода на атомы брома затрудняется. Для облегчения электрофильного замещения используют катализаторы (например, галогениды железа и алюминия), которые способствуют поляризации молекулы брома и ускоряют реакцию. В условиях о катализаторах ничего не сказано. Теоретически решить, пойдет ли дальнейшее бромирование бромтолуола, невозможно.

Второе возможное направление реакции — свободнорадикальное цепное, приводящее к бензилбромиду. Оно идет по метильной группе толуола, чему способствует относительная стабильность промежуточного бензильно-

го радикала  $C_6H_5CH_2\cdot$ . Этому направлению реакции способствуют условия, облегчающие гомолитический разрыв связи в молекулах брома: повышение температуры, освещение (годится не только ультрафиолетовый, но и видимый свет, так как бром интенсивно поглощает во всей видимой области спектра, а энергии квантов в этой области обычно хватает для разрыва связи Br-Br), проведение реакции в неполярной среде (толуол можно считать неполярной жидкостью — его диэлектрическая проницаемость почти не отличается от бензола).

Это — теория. Теперь посмотрим, что говорит эксперимент. Количественно реакция бромирования толуола была изучена еще в XIX веке. опыты проводили в разных странах многие химики. Среди них — немецкий химик Рудольф Фиттиг (1835–1910), ученик знаменитого Вёлера (именем Фиттига названа одна из органических реакций); русский химик Гавриил Густавсон (1843–1908), который работал ассистентом у Бутлерова и открыл каталитическое действие галогенидов алюминия при бромировании ароматических углеводородов); русский химик Эдуард Антонович Вроблевский (1848–1892), который установил равноценность атомов водорода в молекуле бензола и, исследуя строение производных толуола, доказал правильность циклической структурной формулы бензола, предложенной Кекуле. Результаты их исследований опубликованы в разных журналах на русском, немецком, французском языках. С основными результатами этих работ можно ознакомиться по справочнику Бейльштейна. Вот некоторые из них.

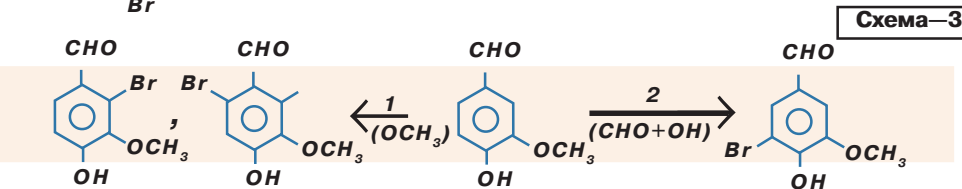
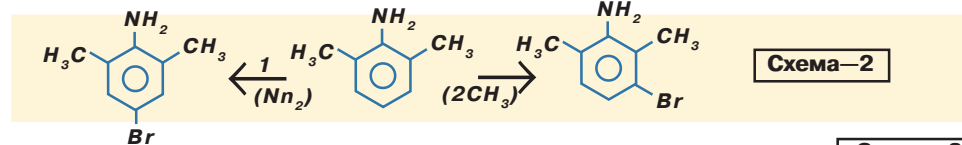
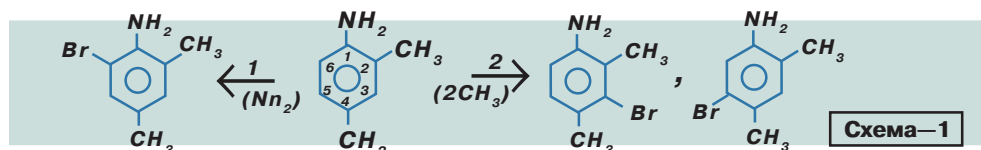
В темноте при охлаждении образуется смесь орто- и пара-изомеров монобромтолуола, на рассеянном свете появляется также примесь бензил-

бромид, который становится основным продуктом реакции на прямом солнечном свете. Этот же продукт — основной при проведении реакции в газовой фазе при повышенной температуре. Соотношение орто- и пара-изомеров зависит от температуры. Так, при смешении в темноте 3 мл брома и 50 мл толуола выход орто-изомера (относительно суммы бромтолуолов) составляет: 3,7% при температуре 25°C, 41,8% — при 50° и 45,3% при 75°. Одновременно выход бензилбромид увеличивался с 10,6% при 25° до 43,7% при 50°, 86,3% при 75° и 100% 100°C. (Приведенные значения типичны, но могут несколько отличаться у разных исследователей.) Если в смесь 2 мл брома с 50 мл толуола при 50°C добавить всего 0,2% бромиды железа(III), бензилбромид не образуется и получается смесь, содержащая 36,0% орто-изомера. Если же капать толуол в избыток чистого брома в присутствии бромиды алюминия, то, как установил Густавсон (его статья опубликована в Журнале Русского физико-химического общества в 1877 году), происходит замещение всех атомов водорода в кольце и образуются 2,3,4,5,6-пентабромтолуол.

Теперь не покажется удивительным утверждение «практическое значение реакций галогенирования ограничено тем, что большинство ароматических соединений дает смеси различных изомерно замещенных продуктов галогенирования, которые, как правило, трудно разделить» (Органикум. Практикум по органической химии. Пер. с немецкого. М.: Мир, 1979, том 1, с.411). Если группе из 20 студентов дать задание определить выход продукта бромирования толуола с точностью, положим, 0,1%, то, скорее всего, получится 20 разных ответов. Именно поэтому я и написал, что задача некорректна. По крайней мере, следовало указать, например: «Считать выход продукта реакции количественным».

И уж конечно, ни в каком случае трибромтолуол при бромировании толуола не получится. Это соединение впервые получил Вроблевский в 1873 году косвенным методом: он исходил из 3-аминотолуола, в котором аминогруппа (мощный ориентант 1-го), «действуя совместно» с метильной группой, позволила ввести три атома брома в орто-





## РАССЛЕДОВАНИЕ

и пара-положения (относительно метильной группы). Здесь уместно привести еще одну цитату: «Ориентирующее действие аминогруппы в анилине и его гомологах настолько сильно, что прямым воздействием иода при комнатной температуре анилин иодируется в 2,4,6-трииоданилин. Еще более энергично он реагирует с бромом и хлором...» (А.Н.Несмеянов, Н.А.Несмеянов. Начала органической химии. М.: Химия, т.2, с.79.). В результате Вроблевский получил 3-амино-2,4,6-трибромтолуол, из которого с помощью стандартного метода удаления аминогруппы он и получил трибромтолуол.

Кстати, тринитротолуол, на который ссылались экзаменаторы в попытке обосновать свое решение, тоже не образуется со 100%-ным выходом. В ходе этой реакции появляются побочные продукты — несимметричные изомеры тринитротолуола и динитротолуола — так называемое тротиловое масло; об этом можно прочитать, например, на с. 638 4-го тома пятитомной Химической энциклопедии (1995). А вот что написано об этой реакции в учебнике Несмеяновых (1974, том 2, с. 66): «В отличие от 1,3,5-тринитробензола тротил (то есть 2,4,6-тринитротолуол) получается с хорошим выходом». Причем для химика-органика и 80%-ный выход продукта обычно считается хорошим.

Кстати, вы пишете, что «реакция галогенирования не имеет ничего общего с реакцией нитрования». Это утверждение сомнительно: ведь обе они могут идти по одинаковому механизму (электрофильное замещение в ароматическом ядре). Конечно, детали механизма и особенно количественные результаты могут различаться, как мы видели на примере бромирования и нитрования: при нитровании возможным участником реакции является катион нитрония, тогда как при бромировании «чистый» катион брома не образуется, а в реакции участвует в большей или меньшей степени поляризованная молекула брома.

Абитуриенты не обязаны знать все тонкости реакции бромирования толуола. Более того, подробности данной реакции не обязаны знать и экзаменаторы! Это можно было бы требовать разве от студента, курсовая работа которого посвящена бромированию толуола и который изучил соответствующую литературу. Но составители экзаменационных задач должны проверять их соответствие действительности, а не действовать по сомнительной аналогии с тринитротолуолом. Ведь всегда может найтись абитуриент, который «слишком много» читал, и с ним возникнут сложности и разночтения, чего на экзамене быть не должно. Это хорошо знают составители олимпиадных задач по химии: так, на заседаниях методической комиссии по проведению Российских химических олимпиад (членом которой я состою) малейшие сомнения в корректности той или иной задачи, как правило, приводит к ее снятию. В крайнем случае, как я уже говорил, в условии должна быть оговорка: «Считать, что реакция протекает количественно». При такой оговорке приведенную задачу можно решить, предполагая, что образуется монобромпроизводное. Хотя и в этом случае ни абитуриенты, ни экзаменаторы не обязаны знать, что дальнейшее бромирование в кольцо практически не идет; лучше всего в данном случае было бы указать, что реакцию проводят на свету: тогда решение было бы однозначным — и то, предполагая, что бензилбромид не вступает в дальнейшую радикальную реакцию бромирования.

Теперь о формальностях. Прежде всего экзамен должна принимать комиссия (не менее двух человек), и даже на устном экзамене должны письменно фиксироваться как вопросы, так и ответы на них, чтобы потом не возникало разночтений («я этого не говорила, вы это не спрашивали, я же вам устно ответила...»). Экзаменатор действительно не обязан разъяснять ошибки на экзамене, но по-человечески это следовало бы делать, хотя бы кратко.

Дополнительные вопросы иногда можно считать наводящими, а иногда — подсказкой. Как было в вашем случае, ответить невозможно, не зная, о каких именно вопросах идет речь и в каком контексте.

## Дополнение

Еще один интересный вопрос касается направления замещения в ароматическом ядре. Пусть в бензольном кольце имеется более одного заместителя. Если они действуют «совместно» (как, например, в случае 3-аминотолуола), то проблем не возникает. Однако возможна ситуация, при которой ориентирующее влияние заместителей (а они бывают, напомним, 1-го и 2-го рода) направлено противоположным образом. Спрашивается, какой из заместителей пересилит.

В некоторых случаях ответить на этот вопрос просто: достаточно знать относительную ориентирующую силу заместителей. В учебниках по органической химии обычно приводятся ряды заместителей, расположенных в порядке убывания их силы. Так, из заместителей 1-го рода наиболее сильный — анион  $-O^-$ , далее следуют  $-NR_2$ ,  $-NHR$ ,  $-NH_2$ ,  $-OH$ ,  $-OR$ ,  $-NH-CO-R$ ,  $-O-CO-R$ ,  $CH_3$  (и другие алкилы и алкенилы),  $I$ ,  $Br$ ,  $Cl$ ,  $F$ . Следует отметить особенность атомов галогенов: в отличие от всех других ориентантов 1-го рода, они не ускоряют, а замедляют реакции замещения. Из заместителей 2-го рода самый сильный — катион  $-N^+R_3$ , далее следуют  $-NO_2$ ,  $-CN$ ,  $-SO_3H$ ,  $-CF_3$ ,  $-CCl_3$ ,  $-CHO$ ,  $-COR$ ,  $-COOH$ ,  $-COOR$ .

Если сравнивается действие двух заместителей, находящихся в одном ряду, то проблем обычно не возникает. То же можно сказать и в случае двух заместителей, расположенных в начале и в конце разных рядов (например, действие сильного ориентанта 1-го рода — аминогруппы должно подавить действие слабого ориентанта 2-го рода — сложнотэфирной группы). Сложности возникают, если оба ориентанта сильные, но действуют противоположным образом. Например, если они находятся в разных рядах (диалкиламиногруппа против нитрогруппы, алкоксил против

трихлорметила) или же неудачно расположены относительно друг друга в кольце (две аминогруппы в орто-положении). А бывает и так, что два слабых ориентанта действуют совместно против одного сильного. Последнее слово в подобных случаях — за экспериментом.

Несколько таких экспериментов провели со своими студентами американские преподаватели С.И.Макгоуэнс и Э.Ф.Силверсмит. В одном из опытов бромированию был подвергнут 2,4-диметиланилин. Если аминогруппа сильнее двух метильных групп, замещение должно пойти в положение 6 (путь 1 на схеме 1), если же верх возьмут два метила, должно получиться 3- и (или) 5-бромпроизводное (путь 2). Чтобы узнать, как идет реакция на самом деле, был использован известный метод качественного анализа аминосоединений; в соответствии с этим методом вещество ацетируют (например, уксусным ангидридом), в результате чего образуется N-ацетильное производное (в данном случае ацетанилид):  $R-NH_2 + (CH_3CO)_2O = R-NH-COCH_3 + CH_3COOH$ . Здесь R — бензольное кольцо с заместителями. Как правило, анилиды — хорошо кристаллизующиеся соединения, имеющие четкую температуру плавления, которую можно найти в справочниках. Так, ацетанилиды, образованные 3-, 5- и 6-бром-2,4-диметиланилинами, имеют температуры плавления соответственно 152, 169 и 200°C. Полученный ацетанилид имел температуру плавления 200°C, что доказывало победу одной аминогруппы над двумя метильными (путь 1 на схеме 1; под стрелками указаны заместители, влияние которых при указанном направлении реакции преобладает). Этот вывод был подтвержден методом протонного магнитного резонанса: спектр ПМР продукта бромирования в пердеитероацетоне свидетельствовал о том, что два эквивалентных атома водорода в кольце находятся в мета-положении относительно аминогруппы.

Во втором опыте бромированию подвергли 2,6-диметиланилин. И в этом случае верх одержала аминогруппа: температура плавления ацетанилида показала, что образовался 4-бром-2,6-диметиланилин (путь 1 на схеме 2).

В третьем опыте взяли более хитрое соединение — ванилин (4-гидрокси-3-метоксибензальдегид), в молекуле которого действию метоксильной группы (ориентант 1-го рода) совместно противостоят гидроксильная группа (ориентант 1-го рода) и альдегидная группа (ориентант 2-го рода). Температура плавления ацетанилида показала, что образовался 5-бром-4-гидрокси-3-метоксибензальдегид, то есть здесь победа досталась коалиции союзников (путь 2 на схеме 3). Отметим, что если бы гидроксильная группа оказалась не в пара-, а в мета-положении относительно альдегидной группы, то эти группы оказались бы уже не союзниками, а противниками и победителем бы, без сомнения, оказались два ориентанта 1-го рода.

В заключение несколько слов об эксперименте. Чтобы не работать с опасным бромом, использовали его образование в ходе окислительно-восстановительной реакции между бромидом и броматом:  $CH_3COOH + 5H^+ + 5Br^- + BrO_3^- = 3Br_2 + 3H_2O + CH_3COO^-$ . Смешивая известные количества реагентов, легко получить нужное количество брома, который тут же вступает в реакцию.



# ЯДЫ И ТОКСИНЫ

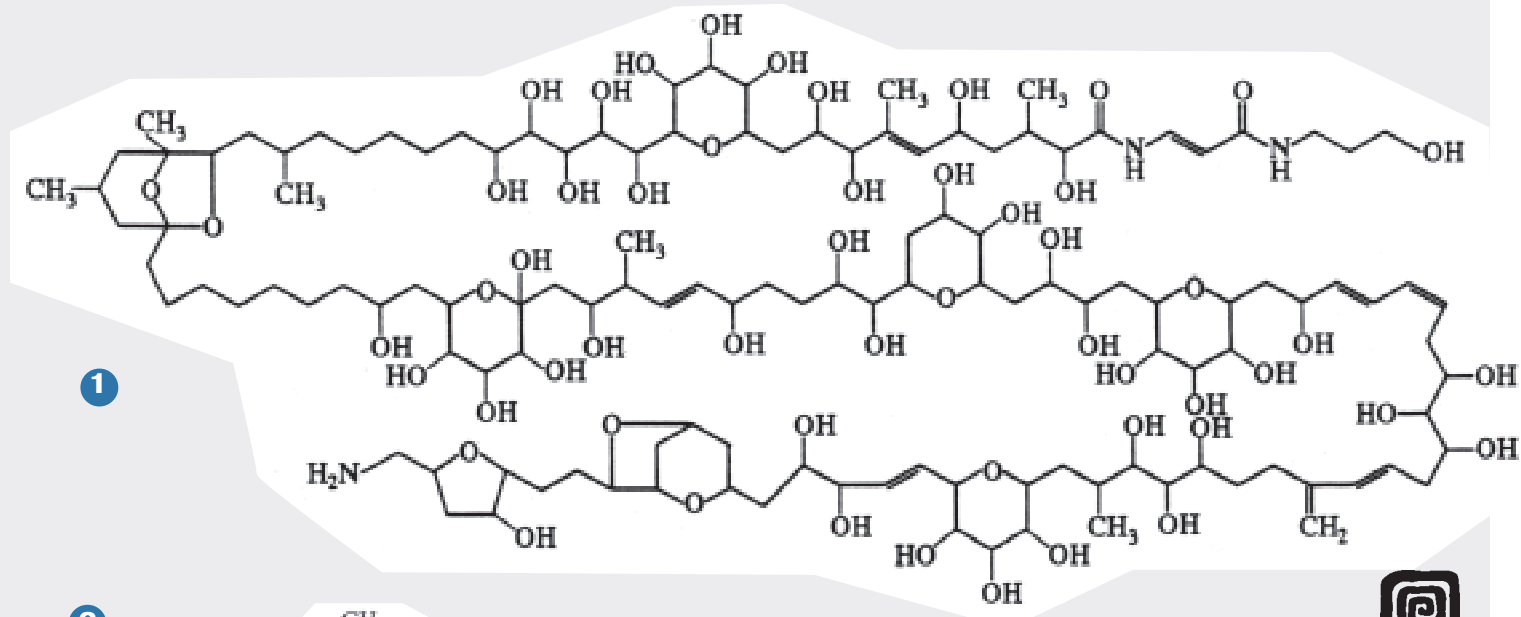
Ядовитые вещества с древних времен привлекали к себе особое внимание. С ними связано множество легенд и преданий. Так, белому мышьяку ( $As_2O_3$ ) в течение многих веков сопутствовала слава «порошка для наследников», а в Венеции при дворе дождей держали специалистов-отравителей. Бесчисленны и «литературные жертвы» этого соединения. Агата Кристи в своих детективах часто травила героев мышьяком. Вместе с тем давно известно, что соединения, ядовитые в больших дозах, могут быть целебными в малых, о чем говорил еще в первой половине XVI века Парацельс. Например, традиционное орудие убийц — оксид мышьяка в небольших дозах (до 5 мг) полезен; его назначают внутрь в качестве общеукрепляющего и тонизирующего средства. Недаром алхимический символ мышьяка — змея — изображен в гербе медицины.

Для характеристики токсичности того или иного соединения чаще всего используют понятие летальной дозы —  $LD_{50}$ , которая вызывает гибель 50% подопытных животных. Как правило, дозу измеряют массой яда, приходящегося на 1 кг массы животного. Однако использование понятия летальной дозы имеет свои ограничения. Во-первых, величину  $LD_{50}$ , определенную, например, для мышей, очень редко можно переносить на других животных, в том числе и на человека. Ядовитость никотина для человека примерно такая же, как у цианистого калия (50–100 мг или 1–2 капли), тогда как козы и косули вообще мало восприимчивы к никотину. Во-вторых, экспериментально определенная, скажем, на мышах доза  $LD_{50}$  зависит от того, введен ли яд подкожно, внутривенно, внутримышечно или перорально (через пищевой тракт). Наконец, даже заведомо нелетальная доза может привести к серьезному поражению того или иного органа, особенно в долгосрочной перспективе, и вызвать в конечном счете гибель организма. Тем не менее величину  $LD_{50}$  широко используют на практике, в том числе для сравнения токсичности разных классов химических соединений.

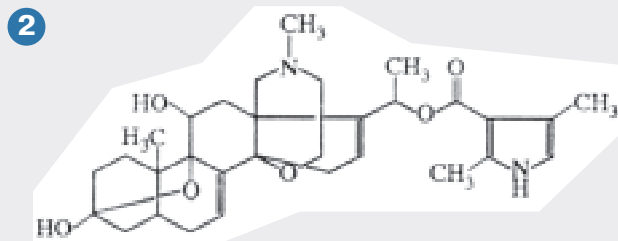
Самые ядовитые из известных веществ — это высокомолекулярные белковые соединения, вырабатываемые бактериями. Чемпион среди токсинов (так называют белковые яды растительного и животного происхождения) — ботулинический токсин: для него  $LD_{50} = 0,00003$  мкг/кг. Это примерно в 300 млн. раз меньше, чем для цианистого калия. Ботулин — белок с молекулярной массой 150 000, вырабатываемый бактериями *Clostridium botulinum*, которые размножаются в испорченных или неправильно хранящихся продуктах питания (колбасах, консервах) при отсутствии кислорода. Смерть обычно наступает из-за паралича дыхательной мускулатуры. Этот токсин не переносит повышенных температур и разрушается при кулинарной обработке, поэтому отравления им редкость.



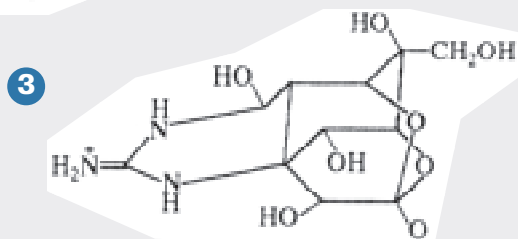




1



2



3

С токсином столбняка (продукт соответствующей бактерии) — вторым по ядовитости соединением ( $LD_{50} = 0,0001$  мкг/кг) знаком практически каждый: его (но в несколько измененном виде) вводят во время прививок. Третье место по токсичности ( $LD_{50} = 0,019$  мкг/кг) занимает бета-бунгаро токсин, который вырабатывается в ядовитой железе змеи бунгарос (она водится в Южной Азии). Почти равен ему по ядовитости токсин, продукт дифтерийных бактерий, для него  $LD_{50} = 0,024$  мкг/кг. Для сравнения: величина  $LD_{50}$  для токсина скорпиона (тифьютоксин) равна 9 мкг/кг, для токсина гремучей змеи (крототоксина) — 50 мкг/кг, для токсина очковой змеи (нейротоксина) — 75 мкг/кг, а смертельная для человека доза яда кобры составляет 200 мкг/кг.

Из небелковых токсинов самые ядовитые выделены из морских организмов. Их молекулярная масса значительно меньше; так, у палитоксина (структура 1, он относится к классу поликетидов) она равна 2679, а  $LD_{50} = 0,45$  мкг/кг. Источник палитоксина — шестилучевые кораллы зоонтарии (*Palythoa toxica* и другие). Не исключено, что в действительности токсин продуцируется вирусом, находящимся в симбиозе с кораллами. Аборигены Таити и Гавайских островов издавна использовали зоонтарии для изготовления отравленного оружия. Еще более ядовиты поликетиды майтотоксин (структура 2,  $LD_{50} = 0,05$  мкг/кг) и сигуатоксин ( $LD_{50} = 0,35$  мкг/кг), выделенные из одноклеточных жгутиковых (динофлагелляты), которые найдены в некоторых видах планктона. При размножении динофлагеллят в воде скапливаются вещества, окрашивающие ее в ржаво-красный цвет; это явление известно с

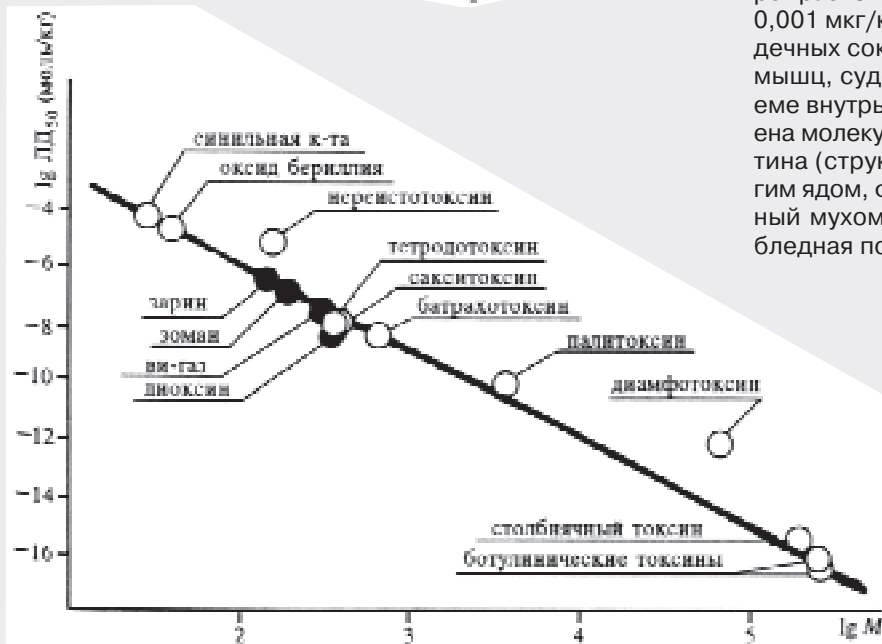
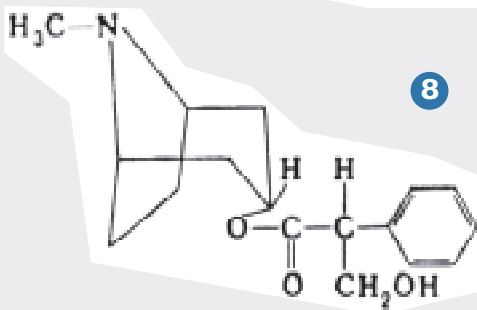
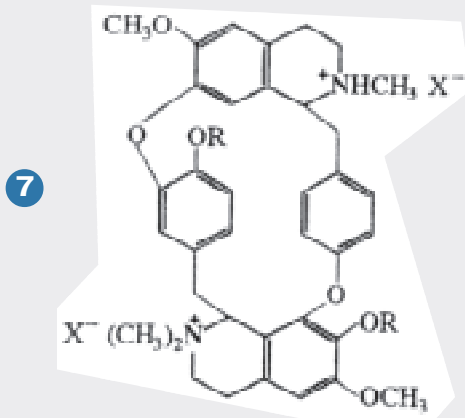
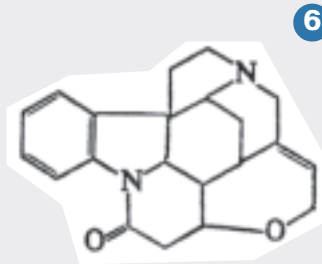
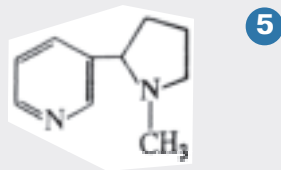
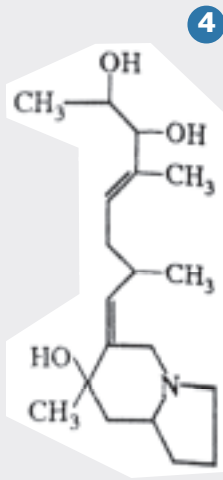
## САМОЕ-САМОЕ В ХИМИИ

древнейших времен и получило название «красного прилива». Оно сопровождается массовой гибелью рыб и других морских организмов, а также массовыми отравлениями людей, употребляющих в пищу морепродукты (яды накапливаются в рыбах и моллюсках). Сигуатоксин выделен также из внутренностей многих видов рыб, например мурены и макрели.

Батрахотоксин ( $LD_{50} = 2$  мкг/кг) относится к другому классу органических соединений — стероидным спиртам (структура 3). Он выделен из кожных желез маленькой (размером всего 2–3 см) колумбийской древесной лягушки. Индейцы ядом из этих лягушек смазывали наконечники стрел. Красочное описание экспедиции в Колумбию для выделения из лягушек яда, а также история расшифровки его строения была описана в «Химии и жизни» в 1996 г. (№ 9–10). Чтобы получить 11 мг яда, исследователям потребовалось выделить экстракт из кожи 5000 лягушек. Батрахотоксин, превосходящий по токсичности кураре, вызывает паралич сердца, дыхательной мускулатуры и мышц конечностей. В 1968 г. академик И.Л.Кнунянц и кандидат химических наук Н.А.Лошадкин в статье, опубликованной в «Химии и жизни», назвали батрахотоксин «самым сильным небелковым ядом в природе». Как видим, за 30 с лишним лет он переместился с первого места на четвертое.

Один из самых знаменитых животных ядов (зоотоксинов) — тетродотоксин (структура 4). Он содержится в коже и яйцах некоторых жаб, в яйцах калифорнийского тритона, в слюнных железах осьминога. Но наибольшую известность ему принесла рыба фугу, у которой яд содержится в яичниках и печени. Фугу — излюбленное лакомство японцев, однако готовить ее разрешено лишь поварам, имеющим специальную лицензию, поскольку даже двухчасовое кипячение яд не разрушает. Для тетродотоксина  $LD_{50} = 10$  мкг/кг, то есть одного миллиграмма этого яда, достаточно, чтобы убить человека. Тетродотоксин относится к нейротропным ядам, которые блокируют проницаемость мембран нейронов вегетативной нервной системы для ионов натрия, что практически мгновенно прерывает нервный импульс. На основе тетродотоксина производят обезболивающие препараты.

Из ядов растительного происхождения (фитотоксины) самый сильный — гликопротеин рицин ( $LD_{50} = 0,1$  мг/кг),



основной токсичный компонент бобов клещевины. Белковая часть рицина состоит из 560 аминокислотных остатков, полисахаридная составляет около 20% молекулярной массы, которая равна 62 400. В организме рицин вызывает структурную перестройку клеточных мембран и нарушает внутриклеточный синтез белков. При попадании капелек рицина в легкие его токсичность примерно такая же, как у нервно-паралитического газа зарина; в некоторых странах изучали способы боевого применения рицина в виде аэрозоля.

Два хорошо известных растительных яда — никотин (структура 5, LD = 0,3 мг/кг) и стрихнин (структура 6, LD<sub>50</sub> = 0,75 мг/кг), который содержится в рвотных орешках (семена *Strychnos nux vomica*), — относятся к алкалоидам. Регулярное вдыхание табачного дыма вызывает медленное, но неотвратимое разрушение органов человека. Вред курения особенно очевиден из того факта, что взрослого человека может убить инъекция никотина, выделенного из одной-единственной сигары (в сигаретах содержание никотина на 1–2 порядка меньше). К алкалоидам относится и тубокурарин (структура 7), основное действующее начало яда кураре, который содержится в хондодендроне войлочном. Этот яд аборигены Южной Америки также используют для смазывания стрел.

В медицине широко применяют алкалоид атропин (структура 8). Он содержится в красавке (*Atropa belladonna*), белене, дурмане и других растениях семейства пасленовых. Хотя атропин не так токсичен, как многие другие алкалоиды (для него LD<sub>50</sub> = 400000 мкг/кг), именно этот яд — наиболее частая причина отравления в средних широтах. Маленькие дети принимают сладкие черные ягоды белладонны за вишневые и могут отравиться насмерть, съев всего три-четыре ягодки.

Сравнительно недавно в тропическом растении *Dichapetalum sumosum* обнаружили очень ядовитую калиевую соль фторуксусной кислоты FCH<sub>2</sub>COOK. Исследования показали, что ее токсичная доза сильно различается для разных животных: наиболее чувствительны собаки (LD<sub>50</sub> = 70 мкг/кг), значительно менее ядовит фторацетат калия для лошадей (1000 мкг/кг), крыс (7000 мкг/кг) и человека (до 10 000 мкг/кг).

Относительно простое строение имеют яды, содержащиеся в высших грибах. Из них один из самых токсичных — мускарин (структура 9), который присутствует в мухоморе красном (*Amanita muscaria*) и других грибах. Уже в дозах 0,001 мкг/кг мускарин снижает амплитуду и частоту сердечных сокращений, в больших дозах вызывает спазмы мышц, судороги, слюнотечение. Для человека при приеме внутрь LD<sub>50</sub> = 0,7 мг/кг. Значительно сложнее устроена молекула бициклического октапептида альфа-аманитина (структура 10), который содержится, вместе с другим ядом, фаллоидином, в бледной поганке. И если красный мухомор вряд ли спутаешь с другими грибами, то бледная поганка очень похожа на некоторые съедобные

грибы — шампиньоны, поплавки и другие. Поэтому отравление этим грибом составляет 90% всех грибных отравлений. Для человека смертельная доза аманитина равна 5–7 мг. Если вспомнить, что в одном грибе в среднем содержится 8 мг аманитина, станет понятным английское название бледной поганки — death cup, то есть чаша смерти. Признаки отравления — боль в животе, неукротимая рвота, понос с кровью. Интересно, что для лечения используют подкожные инъекции другого яда — атропина.

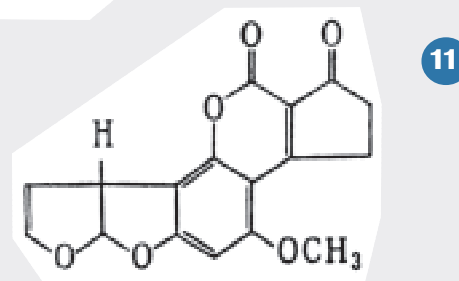
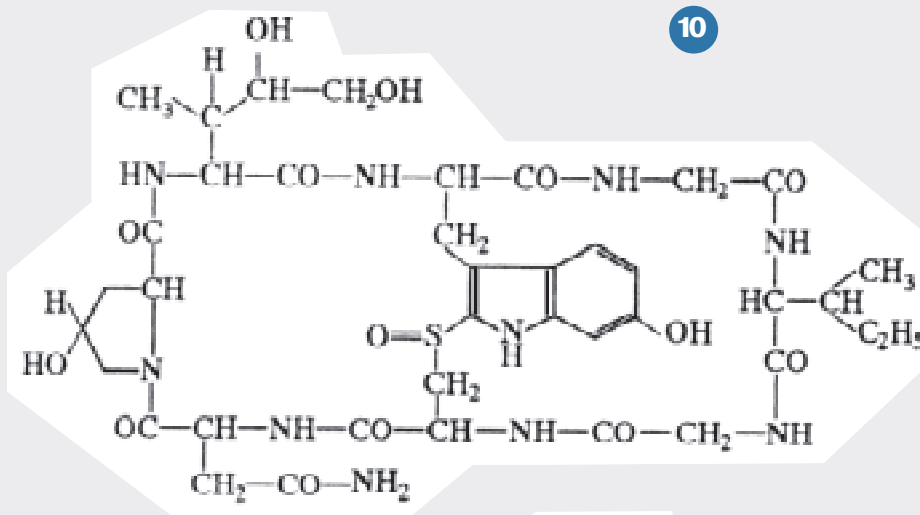
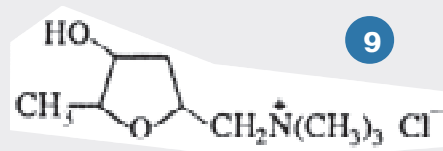


В продуктах жизнедеятельности микроскопических (плесневых) грибов содержатся очень ядовитые микотоксины (от греч. *mykes* — гриб). Самые токсичные из них — пеницием А ( $LD_{50} = 1$  мг/кг), выделенный из плесени *Penicillium crustosum*, и афлатоксин В1 (структура 11,  $LD_{50} = 1,7$  мг/кг). При употреблении коровами кормов, загрязненных афлатоксином В1, высокотоксичный яд (в несколько измененной форме) выделяется с молоком. Всего известно более 15 различных афлатоксинов — основных загрязнителей пищевых продуктов. Афлатоксин В1 оказался самым мощным из известных печеночных канцерогенов, его действие проявляется уже при дозах 0,01 мг/кг. В ряде стран Азии и Африки выявлена прямая корреляция между частотой заболеваемости раком печени и содержанием афлатоксинов в пище. Детальное изучение микотоксинов началось после массового отравления в Англии индеек, вызванного плесенью в арахисе, которым кормили птиц. Оказалось, что в плесени присутствовал афлатоксин В1. Этот же микотоксин привел к таинственной смерти археологов после вскрытия пирамиды Тутанхамона (так называемое «проклятье фараонов»). К счастью, вероятность съесть заметные количества микотоксинов мала благодаря нашему инстинктивному отвращению к плесени и неприятному запаху пораженных ею продуктов.

Из синтезированных соединений наиболее токсичен диоксин (2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин ( $LD_{50} = 22$  мкг/кг)). Это «самый токсичный из всех рукотворных веществ, признанный в мире абсолютным ядом» — так писала о диоксине «Химия и жизнь» (1990, № 11) в связи с трагедией в итальянском городе Севезо, когда в результате аварии в воздух попало 2 кг этого вещества. Одно из основных отличий диоксина от природных токсинов — высокая химическая устойчивость: диоксин не разрушается микроорганизмами, практически не гидролизуется. В почве он может находиться в неизменном виде десятки лет, в воздухе — многие месяцы. Впервые на диоксин обратили внимание, когда оказалось, что примененный американской армией во Вьетнаме дефолиант (вещество, ускоряющее опадание листьев с деревьев) «Agent Orange» содержит в виде примеси 0,0003% диоксина.

Одно из самых ядовитых средств защиты растений — фосфорорганический инсектицид паратион, он же тиофос ( $LD_{50} = 3600$  мкг/кг). Это соединение, в отличие от диоксина, довольно быстро разлагается в результате гидролиза фосфорноэфирной группы. Тем не менее в России его применение запрещено.

Вероятно, самый известный яд — синильная кислота и ее калиевая соль (цианистый калий). Для этих соединений  $LD_{50} = 10$  мг/кг, что почти в миллиард раз больше, чем у ботулинического токсина. Синильная кислота при попадании в организм связывается с ферментом цитохромоксидазой и блокирует клеточное дыхание. Это соединение может быть причиной отравлений при горении полимеров (образуется при термическом разложении нейлона и полиуретанов), при употреблении в пищу ядер абрикосовых косточек: в них цианид находится в связанном состоянии в виде амигдалина, смертельная доза которого составляет 1 г. Это количество амигдалина содержится в 100 г абрикосовых ядер. Еще менее ядовит «белый мышьяк» ( $As_2O_3$ ), для которого  $LD_{50} = 15,1$  мг/кг.



Под конец приведу интересное наблюдение. Если сравнить токсичность различных соединений (в единицах моль/кг) от их молекулярной массы, то окажется, что в логарифмических координатах существует прямолинейная зависимость: чем больше масса молекулы, тем токсичнее соединение (см. график). Однако из этого не следует, что можно отравиться полиэтиленом.

**И.Леенсон**

(с использованием материалов книги «Мировые рекорды в химии»)







# Моцарт и Сальери... Опять?!



РАССЛЕДОВАНИЕ

**Роковой треугольник  
литературно-музыкальной  
(да и вообще европейской  
интеллектуальной) культуры  
двух последних столетий:  
Пушкин — Сальери — Моцарт**



Профессор

**Борис Кушнер**  
(США)

## Моцарт

...А гений и злодейство  
две вещи несовместные. Не прав-  
да ль?

## Сальери

Ты думаешь?

*(Бросает яд в стакан Моцарта.)*

А.С.Пушкин. «Моцарт и Сальери»

Пушкин прожил 37 лет, Моцарт — 35, Сальери — 75. Если о последнем, то возраст по тем временам более чем достаточный...

И потому поначалу речь именно о последнем.

## 1. Сальери

Вероятно, почти каждый, услышавший это имя, немедленно представляет себе злодея, отравившего (в буквальном или переносном смысле) великого Моцарта. Однако серьезные исторические исследования, основанные на многочисленных документах, давным-давно установили полную абсурдность подобных представлений. В русскоязычной культуре миллионы людей почерпнули их из маленькой трагедии Пушкина «Моцарт и Сальери», а также из ее театральных постановок и экранизаций. Хорошо это или плохо, но произведения Пушкина мало известны на Западе, однако именно эта вещь, несомненно, послужила источником весьма популярной пьесы Шеффера «Амадей» и одно-

*Автор, с которым сейчас мы знакомим наших читателей, — профессор математики Питтсбургского университета, известен в США по многочисленным публикациям стихов, переводов, эссе, научно-исторических исследований. Нижеследующая статья представляет собой сокращенный и частично переработанный вариант большого исследования Б.Кушнера под названием «В защиту Антонио Сальери», опубликованного в США в шести номерах журнала «Вестник» (Vestnik, 1999, v. 11.2, № 14–19). Научная строгость анализа огромного документального материала в сочетании с увлекательностью изложения дают нам возможность вникнуть в невероятную по смертности историю А.Сальери, легенд и мифов, связанных с его именем (к чему, как известно, приложил свою гениальную руку Пушкин). Ну а что до Моцарта — конкретно причин его смерти, — то тут, вместо традиционного знака вопроса, наконец-то поставлена точка.*

именного фильма Формана по этой пьесе. Фильм посмотрело, по меньшей мере, тридцать миллионов человек. Таким образом, здесь мы имеем дело с уникальной ситуацией, когда искусство на протяжении уже нескольких поколений используется для разрушения репутации и доброго имени ни в чем не повинного человека, вдобавок выдающегося артиста и музыкального деятеля.

**А**нтонио Сальери родился 18 августа 1750 года в итальянском городе Леньяго (Legnago), близ Вероны, в многодетной семье состоятельного торговца. Мальчик очень рано проявил способности и интерес к музыке. Первые уроки он получил у своего брата Франческо, затем учился у церковного органиста. Биограф Сальери Мозель сохранил трогательные истории о том, как мальчик, не предупредив родителей, убежал в соседние городки, чтобы слушать музыку, и как за это его наказывал отец — впрочем, любя и не всерьез. Безоблачное детство, однако, было недолгим. В 1763 году умирает мать, а вскоре и отец. Антонио остается сиротой. Некоторое время он живет в Падуе с одним из сво-

их старших братьев, а затем его принимает воспитанником семья друзей отца, жившая в Венеции.

Именно в Венеции Антонио случайно встретил приехавшего сюда по театральным делам венского композитора Флориана Гассмана. Этот последний занимал в Вене весьма заметное положение: он был придворным композитором балетной и камерной музыки, капельмейстером и, что особенно важно, членом небольшой группы музыкантов, с которой император Австрии Иосиф II ежедневно музицировал. Гассману пришлось по душе талантливый и скромный юноша, и он взял его с собою в Вену, куда они и прибыли 15 июня 1766 года. Этот день оказался знаменательным для Сальери. Вена стала его родным городом, где, за исключением творческих поездок, прошла вся его жизнь. Именно там к нему пришла слава. А затем — всемирно известный оперный композитор, придворный капельмейстер, член Французской академии, осыпанный всевозможными наградами...

Гассман позаботился о музыкальном и общем образовании своего воспитанника и все расходы нес сам. Трудно не восхититься благородством и бескорыстием этого человека. Сальери на всю жизнь сохранил благо-

## Лоренцо Да Понте



дарную и благоговейную память о своем учителе и опекуне. Он делал все, что было в его силах, для сохранения творческого наследия Гассмана, его памяти, заботился о его семье. Из дочери Гассмана Сальери воспитал солистку оперы.

Вскоре после приезда Гассман представил юношу императору Иосифу. Просвещенный монарх, как это было принято в роде Габсбургов, был также и прекрасным музыкантом. Ему понравился талантливый и скромный итальянец. Так началось императорское покровительство, сыгравшее важнейшую роль в дальнейшей карьере Сальери. Вторым могущественным покровителем Сальери и его учителем стал знаменитый композитор Глюк, который впоследствии сыграл решающую роль в его огромных парижских музыкальных успехах.

Итак, юный Сальери начал работать в театре в качестве ассистента Гассмана, и к этому же времени относятся его первые профессиональные опыты в композиции. А затем — опера за оперой и успех за успехом. Ему было только двадцать два года, когда его четвертая по счету опера-буфф «Венецианская ярмарка», впервые показанная в Вене 29 января 1772 года, принесла ему славу. Опера ставится с неизменным успехом по всей Европе — в Дрездене, Мангейме, Флоренции, Праге, Копенгагене и других городах (более тридцати постановок при жизни автора). Молодой композитор быстро приобретает европейскую известность. Уже в это время Сальери получает почетное и выгодное приглашение от шведского короля Густава III, однако отклоняет его, поскольку более рассчитывает на покровительство австрийского императора. Будущее показало, что в этом нелегком решении Сальери оказался совершенно прав.

Сразу после безвременной смерти Гассмана в 1774 году Сальери получил должность придворного композитора камерной музыки, а также заместителя капельмейстера итальянской оперы. Впоследствии он получил в Вене самую высокую музыкальную

должность: императорский капельмейстер.

Судьба сводила Сальери с удивительно талантливыми людьми, которые с удовольствием работали для его опер. Такими были, к примеру, Лоренцо Да Понте, итальянский поэт и либреттист (ему, кстати, было суждено написать либретто для трех великих опер Моцарта — «Свадьбы Фигаро», «Дон Жуана» и «Так поступают все женщины») и Пьер Огюстен Карон де Бомарше, знаменитый автор знаменитой пьесы «Безумный день, или Женитьба Фигаро» — личность необыкновенная, многогранно одаренная, блестящая, скандальная, противоречивая, напоминая сразу нескольких его собственных героев — и Фигаро, и графа, и Керубино, и в чем-то даже Сюзанну. Именно в содружестве с Бомарше Сальери создал одну из самых знаменитых своих опер — «Тарар».

Премьера оперы Сальери — Бомарше состоялась в Париже 8 июня 1787 года. Ажиотаж был невероятным. Для того чтобы сдержать толпу, возвели специальные ворота, 400 солдат патрулировали улицы вокруг оперного театра. Успех, в том числе и финансовый, был необыкновенным. В течение десятилетий «Тарар» оставался самым кассовым зрелищем в Парижской опере. В первые девять месяцев спектакль шел 33 раза и принес более четверти всей выручки театра за год.

Сальери вернулся в Вену в июле 1787-го. Здесь его ожидала большая потеря: 15 ноября 1787 года скончался Глюк. Закончилась целая эпоха в истории оперного искусства. Сальери потерял близкого друга, учителя и покровителя.

Смерть императора Иосифа, последовавшая 20 февраля 1790 года, оказалась новым большим ударом для Сальери (кстати, и для Моцарта тоже, хотя он не сразу это понял и в течение некоторого времени питал радужные иллюзии относительно своих перспектив в Вене). Последние годы жизни этого незаурядного монарха были омрачены многими тревогами и не-

удачами, и это тем более печально, поскольку он был добрым и приветливым по природе человеком и превосходным музыкантом. Его покровительство, как мы уже указали, сыграло решающую роль в жизни Сальери. Много хорошего он сделал и для Моцарта, которого высоко ценил. А вот взшедший на престол брат покойного императора Леопольд II оказался совершенно иным человеком, его интерес к музыке был невелик. Ни Моцарт, ни Сальери уже не имели доступа к новому монарху.

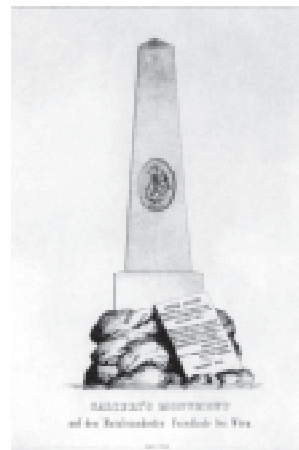
К этому времени сорокалетний Сальери написал около тридцати опер, некоторые из которых считались лучшими произведениями своего времени и их с энтузиазмом принимали по всей Европе. Однако мастер находился уже в высшей точке своей карьеры. Впереди был ранний закат. Закат как оперного композитора.

К счастью, помимо сочинения опер, у Сальери находилось много других занятий, заполнивших остаток его жизни. Он обучал композиции и пению многочисленных учеников, играл огромную роль в организации музыкальной жизни Вены, сочинял церковную музыку. Но было у него еще одно занятие — не менее значимое, чем сочинительство опер, — не менее значимое не только для него, но и для нас, потомков.

Музыкальным преподаванием Сальери занялся еще в годы своего ученичества, и тогда это было одним из главных источников его существования. Впоследствии Сальери давал свои уроки бесплатно (исключение составляли лишь ученики из богатых семей). И эта деятельность продолжалась около пятидесяти лет.

А теперь сделаем паузу и коротко подытожим. Антонио Сальери, знаменитый оперный композитор, вставший здесь в один ряд с Глюком и Моцартом, оказался к тому же не просто пе-

**Монумент на могиле А. Сальери в Вене**







*Пьер Огюстен Карон де Бомарше*



РАССЛЕДОВАНИЕ

дагогом, и даже педагогом не олестьшим, а педагогом великим. Вот неполный список его «творений» — его учеников: Бетховен, Гуммель, Мошелес, Черни, Мейербер, Шуберт, Лист, Франц Ксавер Моцарт, младший сын Вольфганга Амадея Моцарта (последнее — кстати!). Какая коллекция, согласитесь! Да если из нее выделить только троих — Бетховена, Шуберта и Листа, — то этого хватило бы с лихвой, чтобы имя Мастера навечно осталось в истории! Увы, немногие сейчас об этом вспоминают.

Но великий педагог оказался еще и великим человеком (или это одно и то же?). Ученики всегда тепло отзывались о мастере. Как, к примеру, Шуберт... Бедный Шуберт! Сальери заметил выдающийся талант этого мальчика, когда тот еще пел в Придворной капелле, и стал ему давать (разумеется, бесплатно) уроки у себя дома. Затем пятнадцатилетний Шуберт начал изучать с Сальери контрапункт. Сохранилось большое количество ученических композиций Шуберта с замечаниями и правками Сальери. С какой тщательностью относился Сальери, занимавший самую высокую должность в Вене, к урокам, которые он давал безвестному тогда мальчику! И Шуберт всю жизнь считал себя учеником итальянского мастера.

Отношения Бетховена и Сальери — это, как говорится, отдельная, и тоже высокая песня. Один из примеров: сохранились инструментальные сочинения Бетховена с правкой Сальери. Опять же: кто сейчас вспомнит, что Бетховена правил Сальери? И что Третья и Пятая симфонии Бетховена, Патетическая соната, Лунная соната и Аппassionата были созданы в период, когда Сальери продолжал консультировать своего могучего ученика. А тот посвятил учителю три скрипичные сонаты (оп. 12). И напоследок в этой теме: Сальери также воспитал целую плеяду знаменитых оперных певцов того времени. И как уже

было сказано, мастер давал уроки бесплатно, лишь за исключением учеников из богатых аристократических кругов. Он делал это в память своего учителя и благодетеля Гассмана.

Что еще? Да вот такая маленькая деталь: Сальери стоял у истоков организации и последующей славы знаменитой Венской консерватории.

Понятно, трудно удержаться от благодарности и восхищения, когда узнаешь обо всем, что сделал Сальери для музыкальной жизни Вены (и только ли Вены?). И как выражение его международного признания стали многие почетные звания. Сальери был членом Шведской академии наук, почетным членом Миланской консерватории. Наполеон назначил его иностранным членом Французской академии. В 1815 году, уже при вернувшихся Бурбонах, он был награжден орденом Почетного Легиона.

**В** начале 1800-х годов, когда Сальери было немногим за пятьдесят, у него стали проявляться признаки депрессии, резко усилившейся к старости. В 1804 году он сочинил «Реквием», имея в виду самого себя. Видимо, Сальери всерьез считал, что скоро умрет.

Последние годы его жизни омрачены быстро развивавшимися физическими и душевными недугами. Если судить по оставленным описаниям, не исключено, что он страдал болезнью Альцгеймера. Но и это не все. К осени 1820 года, в семидесятилетнем возрасте, у него развилась мучительная подагра. Лечение не помогало. Весной 1823-го состояние резко ухудшилось. Вскоре его покидает ясность рассудка. Обе ноги парализованы. В октябре того же года, после тяжелого нервного припадка, его помещают (видимо, против собственной воли) в госпиталь. Здесь он провел еще полтора мучительных года. Последние, едва различимые слова, написанные слабеющей рукой Сальери, относятся к январю следующего года: «Пресвятой Боже, смилуйся надо мною». В Вене циркулировало много домыс-

лов о пребывании Сальери в госпитале, и мы вернемся к этому ниже.

Страдания Сальери закончились 7 мая 1825 года. Несколькими днями позже в одной из итальянских церквей состоялась заупокойная служба, во время которой ученики Сальери и другие музыканты исполнили «Реквием», сочиненный мастером для самого себя.

Скромный памятник на могиле Сальери хорошо известен любителям музыки в Вене.

**К** аким же человеком был Сальери? Я думаю, что ответ на этот вопрос в какой-то мере уже ясен из сказанного. Плохой человек не сможет проявить такое чувство благодарности, которое обнаружил Сальери по отношению к своим учителям Гассману и Глюку. И разумеется, плохой человек не станет давать бесплатные уроки и самоотверженно заниматься делами вдов и сирот музыкантов.

И еще: он оказался страдальцем. Да, увы, Сальери было суждено потерять жену, сына и трех дочерей. Что ж, в те годы детская смертность приводила к тому, что в среднем только один ребенок из трех доживал до трех лет. Так, у родителей Моцарта, Леопольда и Анны, было семеро детей, и пять из них умерли в раннем детстве. Четверо из шести детей самого Вольфганга Моцарта и его супруги Констанцы также умерли в раннем детстве. У родителей Франца Шуберта было четырнадцать детей, девять из которых умерли в младенчестве. Вряд ли сегодня мы в состоянии понять, что чувствовали тогдашние родители, теряя одного ребенка за другим. Но ситуация в семье Сальери оказалась еще более трагичной. Одна из его дочерей умерла, не дожив до года, другую дочь ему пришлось хоронить, когда той было семь лет, а следующую — уже четырнадцатилетнюю. Но особенно горько Сальери оплакивал кончину своего единственного сына: Алоиз Сальери скончался в 1805 году в возрасте двадцати трех лет...

Подытожим, если о психологии. Современники характеризуют Сальери

## Вольфганг Амадей Моцарт



как дружелюбного, любезного, доброжелательного человека, интересного и образованного собеседника. Да, иногда он мог раздражаться, но быстро успокаивался. Никакой злости, не говоря уж об агрессии, которая могла быть направлена (тем более осознанно, предельно рационально, как то выписано у Пушкина!) на причинение зла другому. Все свидетельства незаинтересованных современников, да и заметки самого композитора создают портрет светлой артистической личности.

**И** тогда законный вопрос: каким же образом возникла зловещая легенда о Сальери-отравителе?

Опять же психология, но теперь уже не личностная, а некая общечеловеческая. Это — тенденция мифологизации гения (в данном случае речь о Моцарте). И кстати, особенно, это было свойственно XIX веку, с его романтизмом и соответственно культом гения. Гений искривлял пространство вокруг себя, все привычные представления о масштабах, физических и моральных, как бы смещались. Романтическое воображение представляло гения в окружении враждебной среды, в борьбе с нею, и часто с трагическим исходом.

Заметим немаловажное: при этом создавалась и благоприятная психологическая ситуация для реципиентов мифов, поскольку они как бы возвышались над косной средой до уровня самого гения. Вот известный тезис: «Эти ничтожества не приняли «Свадьбу Фигаро», но мы-то с Моцартом знаем!» А другая сторона этой же медали — принижение исторических лиц, «обыкновенных талантов», действовавших рядом с гением, и даже демонизация тех из них, кто хоть как-то и в чем-то гению возражал. Здесь можно вспомнить о Николае I и Пушкине. Очень похожим образом в бесчисленных романтических биографиях освещались отношения Моцарта и князя-архиепископа Зальцбургского, графа Колоредо. А между тем действия Колоредо в отношении

Моцарта вовсе не выглядят злодейскими, и можно даже утверждать, что в ряде случаев он проявлял и терпение, и великодушие.

Ну а что касается прямо-таки навязчивого принижения окружающих гения фигур, то в человеческой истории это явление распространено весьма широко. Например, ученик и сотрудник Моцарта Зюсмайер, завершивший после смерти учителя его, ставший бессмертным, «Реквием», почти всегда снабжается в романтической литературе эпитетом «бездарный». Такова благодарность человеку, без которого, скорее всего, мы сегодня не имели бы этого чуда искусства — моцартовского «Реквиема»... Или вот такой пример: «бездарным» оказался и блестящий пианист-виртуоз XIX века Сигизмунд Тальберг, и только за то, что его рассматривали соперником Листа. Сам же Лист высоко ценил своего «бездарного» коллегу и позаимствовал у него ряд приемов исполнения, которые тогда так и называли — «тальберговскими», а пришло время, пожертвовал значительную сумму на памятник этому замечательному артисту... Бездарным называли и другого замечательного музыканта, композитора и пианиста-виртуоза Фридриха Калькбреннера, «вина» которого состояла только в том, что молодой Шопен, приехав в Париж, хотел у него брать уроки. Ну, с позиции следующего столетия понятно: как это — Шопен (!) и учиться у какого-то Калькбреннера?!

Да, к сожалению, здесь угадывается неприятная сторона человеческой природы: стремление ударить слабого, тем более что по прошествии времени это можно сделать безнаказанно. Ведь и миф «Моцарт — Сальери» наверняка не смог бы существовать в версии, скажем, «Моцарт — Бетховен» или «Моцарт — Шуберт», ибо тут — фигуры гениально-равнозначные. Одним словом, мы снова возвращаемся к известной евангельской максиме: «...*Всякому имеющему дано будет, а у неимеющего отнимется и то, что имеет*» (Лука, 19–26).

## 2. Моцарт

Моцарт (Вольфганг Амадей, 1756–1791) — одна из самых мифологизированных фигур в истории искусства.

Центральный моцартовский миф говорит о чуде-ребенке, триумфально покорившем Европу, затем — о молодом музыканте на службе у злого феодала, далее — о гениальном артисте, свободном художнике в бурлящей жизнью и музыкальной Вене, поначалу имевшем огромный успех, но затем отринутым косной знатью и буржуазией, неумолимо погружаемым в бедность, даже в нищету, умершем в нищете и похороненном, как нищий, в общей могиле.

Этот центральный миф распадается на множество отдельных мифов: Моцарт и архиепископ Зальцбургский, Моцарт и император Иосиф II, Моцарт и его жена Констанца, Моцарт и масоны, Моцарт и Сальери... далее — «Реквием», болезнь, смерть, похороны. Мифы, мифы... Однако спокойный научный анализ мало что от них оставляет.

**П**оскольку миф «Моцарт — Сальери» в своей наиболее злокачественной форме обвиняет последнего в отравлении первого, необходимо рассмотреть хотя бы вкратце (подробное рассмотрение могло бы составить целую книгу) болезнь, смерть и похороны Моцарта.

Итак, 18 ноября 1791 года Моцарт дирижировал своей «Маленькой мессонской кантатой», а через два дня слег в постель, встать с которой ему было уже не суждено. Болезнь началась с воспаления рук и ног, конкретно — суставов, причем это воспаление быстро развилось до такой степени, что больной уже не мог двигаться. Страдания его были ужасны. Моцарта лечили два лучших венских врача, которые действовали, разумеется, в соответствии с представлениями медицины своего времени. Предписали препараты, вызывавшие рвоту, ставили холодные компрессы, производили обильные кровопускания.

Медицинскому анализу болезни и причин смерти Моцарта посвящено огромное количество работ. Но не забудем: они основываются на данных конца XVIII века. То есть мы располагаем только косвенными сведениями. И вероятно, самое полное научное исследование — это книга знаменитого врача и естествоиспытателя Карла Бэра «Болезнь, смерть и погребение Моцарта». Так вот, рассматривая сохранившиеся свидетельства, меди-



цинскую историю пациента и врачебное заключение о причинах смерти («воспаление с просовидной сыпью»), Бэр заключает, что Моцарт умер от ревматической лихорадки, возможно осложненной острой сердечной недостаточностью. Этот вывод поддерживается тем хорошо известным обстоятельством, что Моцарт страдал ревматизмом с детства и подвергался его атакам уже в зрелом возрасте.

Теперь детали. Назначенное Моцарту лечение — по современным представлениям — выглядит просто убийственным (Бэр отмечает, что в результате кровопусканий Моцарт потерял не менее двух литров крови!). Упомянутое выше официальное заключение о причине смерти Моцарта всегда казалось несколько загадочным ввиду своей неспецифичности. Или нетипичности. Однако теперь мы точно знаем, что из 656 человек, чьи смерти были зарегистрированы в Вене в ноябре–декабре 1791 года, причина смерти указана только в случае Моцарта. Воспаление с просовидной сыпью...

Однако другие медицинские эксперты считали, что Моцарт умер от острой почечной недостаточности. В качестве причины его смерти называли также инфекционный эндокардит (воспаление внутренней оболочки сердечной полости). Рассматривали и версию врожденного порока сердца (клапанного), а также врожденного дефекта мочеиспускательного тракта. В общем, гипотез много. В целом можно прийти к вполне очевидному выводу: сегодня далеко не всегда удается установить причину смерти пациента, если она случилась двести лет назад. (А теперь в скобках: почти через сто лет после смерти Моцарта, и при очень похожих обстоятельствах, в 37-летнем возрасте умер другой замечательный композитор — Жорж Бизе. Так вот: и в этом случае нет полной ясности относительно финального диагноза. К счастью, романтическое воображение вокруг смерти Бизе не разыгралось.)

**И**так, великий Моцарт умирает внезапно, болезнь его мучительна, тело опухло, покрылось сыпью. Надо ли говорить, что в те времена, да еще при отсутствии легального патологоанатомического исследования, слухи об отравлении возникли просто с неизбежностью? Да, тогда общественное мнение являлось совершенной питательной средой для подобных измышлений. Примеров полно. Яды, от-



**Император Иосиф II.  
(Заметьте, художник  
изобразил его с флейтой:  
знаковый момент!)**

равления — все это волновало, возбуждало воображение. Тайна, загадка, прикосновение к царству зла. Об отравлениях шептали, разговаривали, писали в газетах и журналах. Можно вспомнить многочисленные истории о доме Медичи, страницы романов XIX века, посвященные ядам и отравлениям. Понятно, что в силу того же самого психологического механизма архаизма фильмы ужасов или сочинения о ведьмах, летающих тарелках, пришельцах собирают внушительную аудиторию и сегодня. Да и завтра соберут, к сожалению. Человек ведь без мифа пока не может. Слаб еще.

**П**ервые публикации о возможном отравлении появились уже в конце декабря 1791 года, то есть через две три недели после смерти композитора. Пражский корреспондент берлинской газеты «Musikalisches Wochenblatt» сообщал: «Моцарт мертв. Он возвратился из Праги, чувствуя себя больным, и его состояние неуклонно ухудшалось. Полагали, что у него была водянка. Он умер в Вене в конце прошлой недели. Поскольку его тело опухло после смерти, некоторые даже полагали, что он был отравлен».

Итак, до какого-то момента миф об отравлении Моцарта был лишен второго главного действующего лица. Когда есть отравление, должен быть и отравитель. Для живучести мифа необходимо, чтобы отравитель был,



## РАССЛЕДОВАНИЕ

с одной стороны, лицом значительным, а с другой — достаточно беззащитным. Лучше всего подходит сильный соперник отравленного, персонаж с блестящим прошлым, однако теперь угасшим и потускневшим. И если лицо, избранное на зловещую роль, страдает душевным расстройством, то тем лучше. Видимо, именно поэтому понадобилось около тридцати лет со дня смерти Моцарта для того, чтобы в мифе об отравлении австрийского гения появился Сальери. Уже не блестящий композитор, любимец публики в Вене и всей Европы, способный призвать к ответу клеветников, а угасающий, бессильный, полупарализованный старик с очевидными старческими расстройствами психики. И, что важно, слава этого старика тоже поблекла и иссякла, как и сам он.

Другая сторона дела, и немаловажная, — итальянское происхождение Сальери. Напряжение между итальянской и немецкой музыкальными культурами, между итальянскими и немецкими музыкантами было тогда фактом жизни. Таким образом, Сальери идеально вписывался в миф.

Первое записанное упоминание о Сальери как о возможном отравителе Моцарта относится к 1823 году. В октябре 1823 года ученик Сальери, известный пианист и композитор Мошелес, получив специальное разрешение властей, навестил учителя в госпитале. Вот его воспоминание: «Это была печальная встреча. Он выглядел призраком и говорил незаконченными фразами о своей быстро приближающейся смерти. В конце он сказал: «Хотя я смертельно болен, я хочу заверить вас честным словом, что нет совершенно никаких оснований для этих абсурдных слухов. Вы знаете, о чем я: Моцарт, что якобы я отравил его. Но нет. Это — злобная клевета, одна только злобная клевета. Скажите миру, дорогой Мошелес, что старый Сальери на краю смерти сам вам это сказал».

Очевидно, слухи уже распространялись по Вене. Они были известны Сальери и причиняли ему боль.

Есть серьезные основания полагать, что одна или обе эти публикации стали известны Пушкину и послужили основой, на которой он воздвиг свою версию мифа. Но об этом — ниже.

**Т**еперь нам необходимо коснуться истории похорон Моцарта, поскольку она занимают существенное место в центральном моцартовском мифе.

Итак, Моцарт скончался в ночь на 5 декабря 1791 года. По свидетельствам современников, Констанца была в отчаянии, она бросилась на кровать рядом с еще теплым телом мужа, желая заразиться его болезнью и умереть (кстати, еще один довод в пользу того, что мысль об отравлении ей и в голову тогда не приходила). Друзья увели вдову из опустевшего дома... Предстояли похороны. Хлопоты взял на себя друг Моцарта, меценат, его собрат по масонской ложе барон ван Свитен, бывший фактически (в сегодняшних терминах) министром культуры империи. Ван Свитен и заказал похороны по третьему разряду. Потрясенная смертью мужа вдова заболела и на похоронах не присутствовала. Моцарта погребли в общей, неотмеченной могиле, которая впоследствии была утрачена. В дальнейшей истории барон-богач обвинялся в невероятной скупости, приведшей к тому, что могила Моцарта так и осталась неизвестной до сего дня. В бесчисленных биографиях к этому еще добавлялась и метель в день похорон, помешавшая немногим собравшимся проводить Моцарта в его последний путь на кладбище святого Марка. Вот так, дескать, обошлась Вена и вообще Австрия со своим гениальным музыкантом!

А между тем все далеко не так. Известны тексты погребальных правил, установленных императором Иосифом как часть его общих реформ. Прежде всего, по гигиеническим соображениям кладбища выводились из городской черты. Далее: сама процедура похорон предельно упрощалась (здесь проявлялся просвещенный утилитаризм Иосифа, центральная линия его реформ, предпочитавшая искреннее скромное благочестие взамен пышному показному). Кроме того, Иосиф в своей своеобразной манере заботился о подданных: похороны не должны разорять семью покойного. Поэтому практически все погребения совершались в общие могилы на пять-шесть покойников. Отдельные могилы были редкими исключениями, роскошью для очень богатых и знати.

Однако вскоре, в 1824 году, появились и первые публичные опровержения обвинений в адрес Сальери. В защиту композитора выступили два его друга, два выдающихся современника — поэт и музыкальный писатель Джузеппе Карпани и Сигизмунд фон Нейком, знаменитый композитор и пианист, ученик Гайдна.

Возмущенный зловещими слухами, Карпани опубликовал в одном из итальянских изданий обширную работу, опровергающую клевету. Автор отмечал высокие моральные качества Сальери и указывал на взаимное уважение, которые испытывали друг к другу Моцарт и Сальери. Но более существенно следующее: Карпани получил свидетельство доктора Гюльденера фон Лобеса, старшего медицинского инспектора Нижней Австрии. Вот что писал доктор фон Лобес, утверждавший, что он был в постоянном контакте с двумя врачами, лечившими умиравшего Моцарта (оба они уже умерли к 1824 году):

«Он (то есть Моцарт. — *Б.К.*) заболел ревматической и воспалительной лихорадкой поздней осенью. Эти заболевания были в то время широко распространены и поразили многих. Я узнал о случившемся только через несколько дней, когда его состояние уже значительно ухудшилось. По ряду причин я не посещал его, но постоянно справлялся о его состоянии у доктора Клоссета, с которым был в контакте почти ежедневно. Последний рассматривал заболевание Моцарта как серьезное и с самого начала опасался фатального исхода, в особенности осложнений на мозг (*deposit on the brain*). Однажды он встретил доктора Саллабу и сказал ему вполне определенно: «Моцарта не спасти. Уже невозможно сдержать осложнение». Саллаба тотчас же передал это мнение мне. И действительно, Моцарт скончался через несколько дней с обычными симптомами осложнений на мозг.

Его смерть привлекла всеобщее внимание, но малейшее подозрение в отравлении никому в голову не пришло... Даже малейший след отравления не избег бы их (докторов. — *Б.К.*)

внимания... Подобное заболевание атаковало в это время большое количество жителей Вены и для многих из них имело столь же фатальный исход и при тех же симптомах, что и в случае Моцарта. Официальное исследование тела не выявило абсолютно ничего необычного».

Что следует из этого важнейшего для нас документа? По-видимому, осенью 1791 года в Вене была эпидемия какого-то инфекционного заболевания — не исключено, эпидемия гриппа. Далее. Здесь уместно сказать несколько слов о врачах, лечивших Моцарта. Томас Клоссет, личный врач Моцарта, равно как и приглашенный для консультации доктор Матиас Саллаба, считались одними из лучших практикующих врачей Вены. Для нас существенно, что доктор Саллаба был видным специалистом в токсикологии и одним из основателей австрийской судебной медицины. А доктор Клоссет был автором специального исследования по передозировкам препаратов ртути. Так вот, в качестве претендентов на роль ядов в гипотетическом отравлении Моцарта обычно рассматривали либо ртутные препараты, либо яды мышьяковой группы (например, знаменитая *aqua toffana* — смесь мышьяка, сурьмы и свинца). Симптомы, которые возникали при передозировке всех этих препаратов или при отравлении ими, были очень хорошо знакомы лечащим врачам Моцарта. И то, что два таких специалиста даже не рассматривали возможность отравления, говорит о многом.

И еще: есть документальные свидетельства о том, что Сальери никогда не делал признания, будто он умертвил Моцарта.

Все это, вместе взятое, практически полностью исключает возможность отравления Моцарта. Однако ни профессиональные медицинские заключения, ни мнения современников, ни отрицания самого Сальери, — ничто не остановило шествия мифа. И большое значение в его распространении сыграли две публикации в лейпцигской музыкальной газете в 1825 году.



Тело должно было быть опущено в могилу в полотняном мешке и присыпано известью для быстреего разложения (правда, впоследствии, уступая протестам, император разрешил захоронения в гробах). Никакие памятные знаки, надгробия на могилах не позволялись (с целью экономии места), все эти знаки внимания можно было устанавливать вдоль ограды кладбища и на самой ограде. Каждые семь-восемь лет могилы перекапывали, чтобы их использовать снова.

Таким образом, в похоронах Моцарта ничего необычного для того времени не было. Вовсе не «похороны нищего». Именно так хоронили большинство умерших из достаточно состоятельных классов общества. Поэтому близкие Моцарта никогда не предъявляли претензий к ван Свитену и, по видимому, процедурой похорон оказались вполне удовлетворены.

Итак, Моцарт скончался в ночь на 5 декабря. 6-го (другой вариант — 7-го) декабря, около трех часов пополудни, его тело привезли к собору святого Стефана. Здесь в маленькой часовне состоялась скромная религиозная церемония. Кто из друзей и близких присутствовал при этом, сколько людей собралась церемония вообще, остается неизвестным. Упомянутое во многих биографиях присутствие Сальери также не подтверждено надежными источниками. Как мы уже говорили, пышные похороны были не в духе эпохи Иосифа. С другой стороны, памяти Моцарта посвятили церемонию в его мasonicкой ложе, а мемориальная церемония в Праге собрала более четырех тысяч участников. По тем временам очень много.

И все же, как не без грустной иронии замечает один из биографов, в утрате могилы Моцарта, возможно, есть что-то положительное, если учитывать своеобразие австро-германских обычаев обращения с человеческими останками. Поскольку могилы периодически освобождаются, то даже и сегодня в австрийских церквях можно встретить специальные помещения, аккуратно заполненные скелетами и черепами. Известно, что, например, Гете извлек из такого хранилища череп Шиллера и хранил его у себя дома. Череп Гайдна был похищен из могилы и в конце XIX века стал собственностью Венского общества друзей музыки. Только в 1954 году его возвратили в место успокоения композитора.

Впрочем, ничто не может остановить истинных энтузиастов. «Череп Моцарта» (кавычки потому, что нет



## РАССЛЕДОВАНИЕ

уверенности — действительно его ли) каким-то образом был все-таки найден (устная легенда утверждает, что его извлекли из земли уже в 1801 году, то есть через десять лет после похорон) и затем водворен в Моцартум в Зальцбурге.

### 3. Пушкин

Как мы уже упоминали, Пушкин соиздал именно собственную версию мифа «Моцарт — Сальери». А все дело в том, что очевидный недостаток изначального мифа о Сальери — отравителе Моцарта, — это... явное отсутствие мотивов преступления у Сальери.

Собственно говоря, с какой стати, с какой целью Сальери мог бы совершить это страшное злодеяние? Никаких видимых оснований завидовать Моцарту у Сальери не было (а это, напомним, ключевой, точнее, побудительный элемент версии Пушкина). Да, именно так! Композиторы не были соперниками в области инструментальной музыки (Сальери почти не сочинял таковой), а что касается оперы, то Моцарта, между прочим, современники отнюдь не рассматривали оперным композитором номер один. И Сальери, и несколько других тогдашних композиторов — например, Мартин-и-Солер или Паизиелло имели в этом отношении куда более высокую репутацию. Ну а что до собственно карьеры (конкретно — жалований, занимаемых должностей и вообще положения в Вене), то тут любое сравнение — в пользу Сальери, причем подавляющим образом.

Следовательно, уж если пофантазировать о возникновении чувства зависти, то все наоборот: это именно у Моцарта могли бы быть реальные основания завидовать Сальери и желать его устранения! Поэтому сомнительная честь изобретения завистливых мотивов Сальери принадлежит Пушкину, и только ему.

**И**так, изначальный мотив — вполне романтический: адская зависть обыкновенного земного таланта к небесному гению. Короче, оппозиция «талант — гений». Все, что талант достигает упорным, изнуряющим трудом, гений делает легко, как бы играючи. У таланта развивается жгучая обида перед такой несправедливостью, об источнике которой даже и подумать страшно. Перед этой тайной Завистью, Завистью именно с большой буквы (ибо она уже обособляется в самостоятельное Мировое начало), все земные успехи таланта бледнеют, превращаются в ничто. И эту свою идею Пушкин великолепно реализовал в маленькой трагедии, которая лично мне представляется лучшим произведением поэта. Оно обладает всеми атрибутами истинного произведения искусства: ясностью, гармоничностью, глубиной, поразительной лаконичностью. Все это я говорю со спокойной душой, поскольку отнюдь не разделяю религиозно-истерического культа Пушкина, распространенного в русскоязычной культуре.

Об истории создания пушкинского «Моцарта и Сальери», как ни странно, мало что известно. Ни черновики, ни беловая рукопись трагедии, насколько мы знаем, не сохранились. Первые упоминания об этой пьесе (скорее, о ее замысле) относятся к 1826 году (всего лишь год, как Сальери умер!), но сочинена она была Болдинской осенью 1830-го. Я не буду добавлять свой анализ к бесчисленным разборам этого произведения; мне скорее хочется остановиться на морально-этических проблемах, возникающих вокруг него.

«Я спросил Пушкина, почему он позволил себе заставить Сальери отравить Моцарта; он мне ответил, что Сальери освистал Моцарта, и что касается его, то он не видит никакой разницы между «освистать» и «отравить», но, что, впрочем, он опирался на авторитет одной немецкой газеты того времени, в которой Моцарта заставляют умереть от яда Сальери».

А вот выразительное место из незаконченной Пушкиным статьи «Опровержение на критики», писавшейся той же самой (!) Болдинской осенью, когда был сочинен «Моцарт и Сальери»: «Обременять вымышленными ужасами исторические характеры и не мудрено и не великодушно. Клевета и в поэмах всегда казалась мне непохвальной».

Несомненно, Пушкин чувствовал сложность и сомнительность ситуации, а упреки Катенина не могли его не волновать. Возможно, в ответ на эти упреки и появилась его знаменитая заметка «О Сальери», относящаяся, скорее всего, к 1833 году (другая датировка — 1832-й). Вот извлечение из нее:

«В первое представление Дон Жуана, в то время когда весь театр, полный изумленных знатоков, безмолвно упивался гармонией Моцарта, раздался свист — все обратились с изумлением и негодованием, и знаменитый Сальери вышел из залы — в бешенстве, снедаемый завистью».

Сальери умер лет 8 тому назад. Некоторые немецкие журналы говорили, что на одре смерти признался он будто бы в ужасном преступлении — в отравлении великого Моцарта.

Завистник, который мог освистать Дон Жуана, мог отравить его творца».

Сказано столь же красиво, сколь наивно и неверно. По сути дела, вместо «уголовной прозы» Пушкин выдвигает еще одну поэтическую идею: «Тот, кто мог освистать, мог и отравить». Идею эту вполне можно развить в поэтическом произведении, но столкновение с реальной жизнью, в рамках которой формулированы упреки Катенина, она не выдерживает. Поразительно, сколько несообразностей в этих нескольких строках! Дело, конечно, не в том, что премьера «Дон Жуана» состоялась в Праге, а не в Вене. Пушкин мог иметь в виду первое венское представление. Но надо абсолютно не знать ни Сальери, ни обычаев места, времени и положения, чтобы всерьез утверждать, что Сальери «освистал» оперу Моцарта. Ни один современник даже и близко не намекает на возможность подобного поведения итальянского мастера. Оно совершенно не в его человеческого характера. Если этого мало, то напомним, что Сальери занимал высокую должность при дворе, и это автоматически предполагало определенный кодекс публичного поведения. Первый придворный капельмейстер, свистящий в Императорском оперном театре? Помилуйте!..

Очевидно, знания Пушкина о реальных обстоятельствах жизни и творчества двух композиторов были поверхностны. Однако — парадокс! — большего при сочинении трагедии и не требовалось. В сущности, Пушкин создавал миф, то есть выразил общие идеи средствами повествования, конкретно — поэтического. И здесь его великолепная художественная интуиция весила больше всех научных томов. И хотя историческая реальность намечена в характерах Моцарта и Сальери только в самых условных чертах, удалить конкретные имена уже невозможно. Это и есть искусство.

Верил ли сам Пушкин в виновность Сальери? Трудно ответить на этот вопрос. Кажется, что для него реальность обстоятельств значения не имела — он был полностью захвачен поэтической идеей и просто не мог остановиться, не осуществив ее, не воплотив в художественную материю, то есть в Слово. Такова была природа гения Пушкина.

**И**напоследок. Недавно радиостанция «Свобода» провела серию интересных, острых журналистских передач (автор и ведущий Марио Корти) все под тем же названием — «Моцарт и Сальери». В одной из них рассказывалось, что известный французский писатель и поэт, граф Альфред де Виньи (1797–1863) в свое время обратился к знакомому биографу Моцарта с вопросом, можно ли доказать, что Сальери отравил Моцарта. Получив отрицательный ответ, писатель сказал: а жаль, был бы интересный сюжет... Не будем проводить сравнений: у каждого художника свой темперамент, своя жизнь. И тем не менее мы приходим к критическому вопросу. К проблеме ответственности художника за врученное ему Богом слово.

Тяжела ноша сия. Видимо, здесь можно высказать нечто вроде гиппократовского «*poli posere!*» — «не повреди!», но как трудно следовать этой простой максиме! Сюда же примыкает и знаменитое пушкинское утверждение (устаами его Моцарта): «Гений и злодейство две вещи несовместные». Боюсь, что, написав трагедию (а в процессе ее творения не сумев остановиться у черты), Пушкин в какой-то степени ответил на вопрос своего Сальери. Говорят, что искусство требует жертв. В данном случае искусству понадобилось человеческое жертвоприношение.

Приведенный источник — отрывок из письма художника Г.Г.Гагарина (1810–1893) к матери от 6 марта 1834 года. То есть можно утверждать, что слухи об отравлении достигли поэта через современные ему газеты (выше мы уже упоминали о двух таких немецких изданиях).

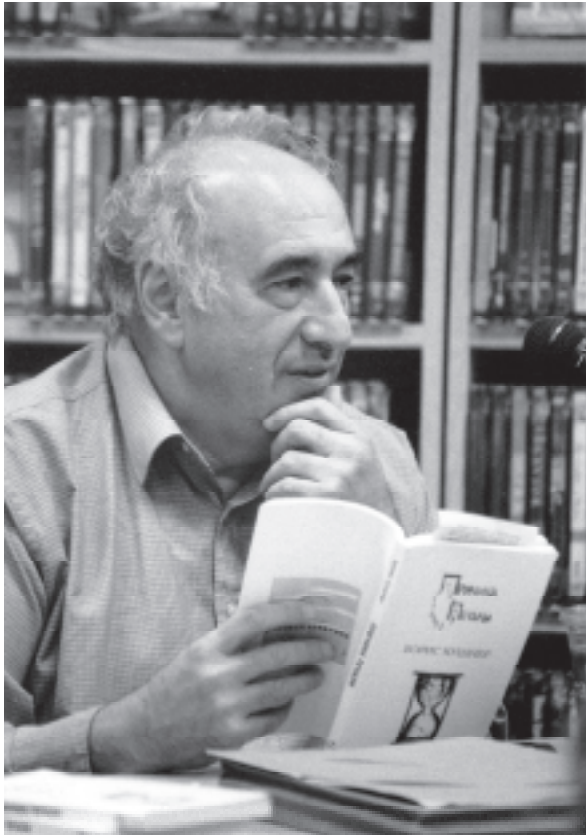
Из приведенного отрывка также очевидно, что современники (увы, в отличие от потомков!) задавали Пушкину не особенно удобные вопросы. Наиболее известные и серьезные упреки предьявил высоко ценимый самим Пушкиным П.А.Катенин (1792–1853):

«Моцарт и Сальери был игран, но без успеха; оставя сухость действия, я еще недоволен важнейшим пороком: есть ли верное доказательство, что Сальери из зависти отравил Моцарта? Коли есть, следовало выставить его напоказ в коротком предисловии или примечании уголовной прозою; если же нет, позволительно ли так чернить перед потомством память художника, даже посредственного?» (П.А. Катенин. Воспоминания о Пушкине. В книге «А.С Пушкин в воспоминаниях современников». М.: Художественная литература, 1985, с. 196).

Из переписки Катенина с Анненковым видно, насколько остро Катенин воспринимал затронутую им моральную проблему. Отвечая на тезис последнего, что Сальери у Пушкина всего лишь художественный символ зависти и что «искусство имеет другую мораль, чем общество», Катенин писал: «Стыдитесь! Ведь Вы, полагаю, честный человек и клевету одобрять не можете...»

Прекрасно! Прекрасно то, что если говорить об общих принципах, то позиция Пушкина не отличалась от катенинской. Вот что писал Пушкин князю Репнину 11 февраля 1836 года: «Не могу не сознаться, что мнение вашего сиятельства касательно сочинений, оскорбительных для чести частного лица, совершенно справедливо. Трудно их извинить, даже когда они написаны в минуту огорчения и слепой досады. Как забава суетного или развращенного ума, они были бы непростительны».





**Автор настоящего  
исследования —  
профессор Б. Кушнер**



**РАССЛЕДОВАНИЕ**

## Комментарий

В редакционном предисловии к данной статье сказано, что это — сокращенный вариант, а полный, опубликованный в США, называется «В защиту Антонио Сальери». Так вот, соглашаясь с выводами автора и испытывая к нему благодарность за несомненно полезную и талантливо выполненную работу, я считаю также полезным коротко дополнить ее небольшим комментарием, который мог бы назвать «В защиту Пушкина», хотя и ясно, что ни в моей, ни в чьей-либо вообще другой защите Пушкин не нуждается. Поэтому «не в защиту Пушкина», а просто мысли по поводу.

А повод возник очень давно, и не историографический, а сугубо эмоциональный, точнее, интуитивный. Да, в отличие от исследования Б. Кушнера, основанного на документальном материале, мне придется основываться только на чувствах.

Итак, знаменитой осенью 1830 года, в Болдине, Пушкин, помимо прочего, создал небольшое по объему произведение — «Моцарта и

Сальери» (ирония: маленькая трагедия!). Произведение, как бы ни относиться к его исторической подоплеке, не только высочайшее, но и принципиальнейшее по своей сути (модельное! см., например и лучше всего: Г. Лесскис. Пушкинский путь в русской литературе. М.: Художественная литература, 1993).

Это общеизвестно, но дело вот в чем. Еще с давних, чуть ли не юношеских лет чудилась мне в пушкинском Сальери какая-то дисгармония, а точнее — будто там, в этой трагедии, у Пушкина не один Сальери, а два, и текст, написанный Пушкиным для персонажа с фамилией Сальери, написан на самом деле для двух людей — двух разных Сальери. Один из них — композитор и в конце концов убийца; второй (или, по сути, первый?) — композитор и человек, для которого злодейство несовместно не только с гением, но и просто с тем, что мы подразумеваем под человеческой моралью.

И вот впоследствии я узнал, что Антонио Сальери (истинный, не пушкинский) в то время, когда жил и Мо-

царт, ценился многими современниками как оперный композитор не ниже, а то и выше Моцарта (свидетельство тому, к примеру, — мнение Глюка). Самое же главное из узанного мною тогда состояло в том, что в более поздние годы своей жизни Сальери стал блестящим педагогом и в числе его учеников — гении XIX века: Шуберт, Бетховен, Лист. Ну разве это не могло не убедить в истинности моего изначального, навязчивого чувства о двух пушкинских Сальери? Да-да, есть у Пушкина (или, точнее, в том, что выводится из Пушкина) еще и другой, второй (или первый?) Сальери — тот, который убийцей быть не может. Вот, например:

*Что умирать? Я мнил:  
быть может, жизнь  
Мне принесет незапные  
дары;  
Быть может, посетит  
меня восторг  
И творческая ночь,  
и вдохновенье;  
Быть может,  
новый Гайден сотворит  
Великое — и наслажуся им...*

Человек, чувствующий именно так, преднамеренно убить не может. Ожидание нового Гайдна в предощущении наслаждения от чуда свидания с его музыкой несовместно с возможностью убийства творца другого чуда — Моцарта. Дело ведь даже не в персонифицированном носителе чуда (ну, Моцарт, ну, Гайдн!), а именно в том, что существует само чудо и его стоит ждать.

Ну а что до того, что впоследствии я узнал про Сальери-педагога (чего, возможно, не знал Пушкин), то тут вывод следующий: педагог (существо отдающее, а не

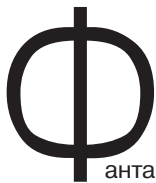
берущее) — неубийца по определению. Педагог, отдающий все свои знания, и, заметьте, именно тем, кто должен выйти в гениев (отдающий, понимающий это и все равно отдающий!), — неубийца и по определению, и, так сказать, по практике жизни.

Вот такая, как думается, прелесть: хотел того Пушкин или не хотел, но в его трагедии действительно живут два Сальери: один — заданный известной легендой, другой — истинный. Ничего не поделаешь — психология! Пушкин действительно не смог остановиться у черты, но в подсознании у него (большого рационалиста между прочим!), видимо, жила эта двойственность.

Как и автор статьи, с которой вы ознакомились, я говорю это со спокойной душой, поскольку тоже, цитирую, «отнодь не разделяю религиозно-истерического культа Пушкина». Я только знаю, что, как бы там ни было, а Пушкин был мудрее всех нас. И в данном случае — тоже. Недаром, заметьте, в тех самых знаменитых, эпохальных строках того самого зловещего диалога, что вынесены в эпиграф к данной статье, содержатся, ни много ни мало, два знака вопроса. Моцарт спрашивает: гений и злодейство — две вещи несовместные, не правда ль? И Сальери отвечает ему вопросом же: ты думаешь?

Вот на эти два знака вопроса Пушкина-мудреца никто так и не обратил внимания. Что странно.

**Борис Горзев**



Фантастика всегда находилась в своеобразном литературном гетто. Не только она, конечно. Все три наиболее массовых жанра художественной литературы — женский роман, детектив и фантастика упорно отодвигаются на задворки словесности. Как следствие, многие писатели-фантасты пытаются уверить мир, что они не имеют к фантастике никакого отношения. В свое время группа тогда еще относительно молодых авторов — Пелевин, Лазарчук, Столяров и некоторые их коллеги — постыдились отречься от фантастики ради выдуманного ими же метода «турбореализма». Результаты известны. В «большую» литературу сумел пробиться только Пелевин — и то, хоть он и умудрился стать модным писателем, автора «Чапаева и Пустоты» все же не признали за своего.

Итак, гетто. Достаточно просторное и комфортабельное, конечно. Тем более, третий по издаваемости жанр, фантастика представлена на весь СНГ всего шестью десятками авторов, что позволяет не особенно толкаться локтями. Режим гетто привел к тому, что фантасты — народ в целом дружный и сплоченный, о чем свидетельствуют регулярные встречи на фестивалях.

Но все-таки гетто, «низкий жанр», литература за эстетской «колючкой». Как выражался персонаж Михаила Булгакова: «Не нам, не нам достанется холодная кружка с пивом» — в виде Букиеров с Антибукерами. Однако речь о другом. Первая реакция запертого в гетто — осмотреться. Кто за проволокой? И вот тут начинаются сюрпризы.

Все мы фантасты — именно это написано на наших арестантских робах. Большинство из нас в этом охотно признается. Фантастами считают нас издатели, читатели и критики. Но что общего, к примеру, между романом Андрея Лазарчука «Опоздавшие к лету» и «Алмазным мечом, деревянным мечом» Ника Перумова? На первый взгляд — ничего. На второй — тоже ничего.

Печатается с сокращениями.

*Как известно, одна из самых старых и любимых читателями рубрик в «Химии и жизни» — «Фантастика». Научная фантастика в научно-популярном журнале вполне уместна, и первое время всем было понятно, для чего она нужна: в литературной форме пропагандировать достижения науки и предсказывать достижения будущего, прославлять коммунистические перспективы и разоблачать капитализм. Но постепенно рядом с «нормальной» НФ в журнале начали появляться совсем другие произведения. Элемент фантастики в них присутствовал, но не имел прямого отношения к пропаганде достижений науки. «Гуслярские» рассказы Кира Булычева представляли читателю гениальные изобретения, пришельцев и мутантов, но все-таки речь в них явно шла не о науке, а о чем-то другом. «Бытовая фантастика» М.Кривича и О.Ольгина, говорящий Дом и бродячие статуи Б.Штерна, страсти на бройлерном комбинате в рассказе В.Пелевина «Затворник и Шестипалый»... Одни читатели возмущались: «Сколько можно печатать неизвестно что?», зато другие прямо сообщали, что выписывают «Химию и жизнь» исключительно ради фантастики, и безобразия продолжались. Путешествия по пространству-времени в «Корсаре» Евг.Чемеревского оказались гениальным жульничеством, герой С.Логинова так и не покинул своей «Квартиры», у К.Берендеева космическая экспедиция протаранила небесную сферу Даже и сами мы иногда начинали скучать по негуманоидным астронавтам и ка-гамма-плазмоину, пылающему в дюзах.*

*На вопрос, какой должна быть фантастика, стало модно давать ответы вроде «Фантастика никому ничего не должна», «Фантастика, как и литература вообще, должна будить мысли и чувства, а методы — дело вкуса», «Фантастика должна БЫТЬ!». Однако подобные ответы, при всей их эмоциональности, не объясняют, что произошло с нашей фантастикой в последние 30 лет. Именно об этом на международном фестивале фантастики «Звездный мост» в Харькове в сентябре 2000 года рассказывал доцент Харьковского университета А.В.Шмалько, более известный широкой публике как писатель Андрей Валентинов.*

Надо ли говорить, что сей пример не единичен. Фантастами считаются, с одной стороны, Марина и Сергей Дяченко, мастера авантюрно-сказочного жанра, с другой — Александр Громов, последний паладин классической НФ. А есть еще «философский боевик» Генри Лайона Олди, «криптоистория» Лазарчука и Успенского и... и много, много иного-разного.

Так по каким же критериям определяется нынче фантастика? Как-то очень хороший писатель В., тоже фантаст по определению, но пишущий также блестящие исторические романы, пожаловался мне, что издательство не очень охотно оные романы печатает, ибо историческая беллетристика не столь популярна у читателя. Оставалось посоветовать коллеге превратить исторический роман в историко-фантастический. К примеру, ведет Александр Македонский свое войско мимо глубокого ущелья, а оттуда слышен голос: «Я, могучий

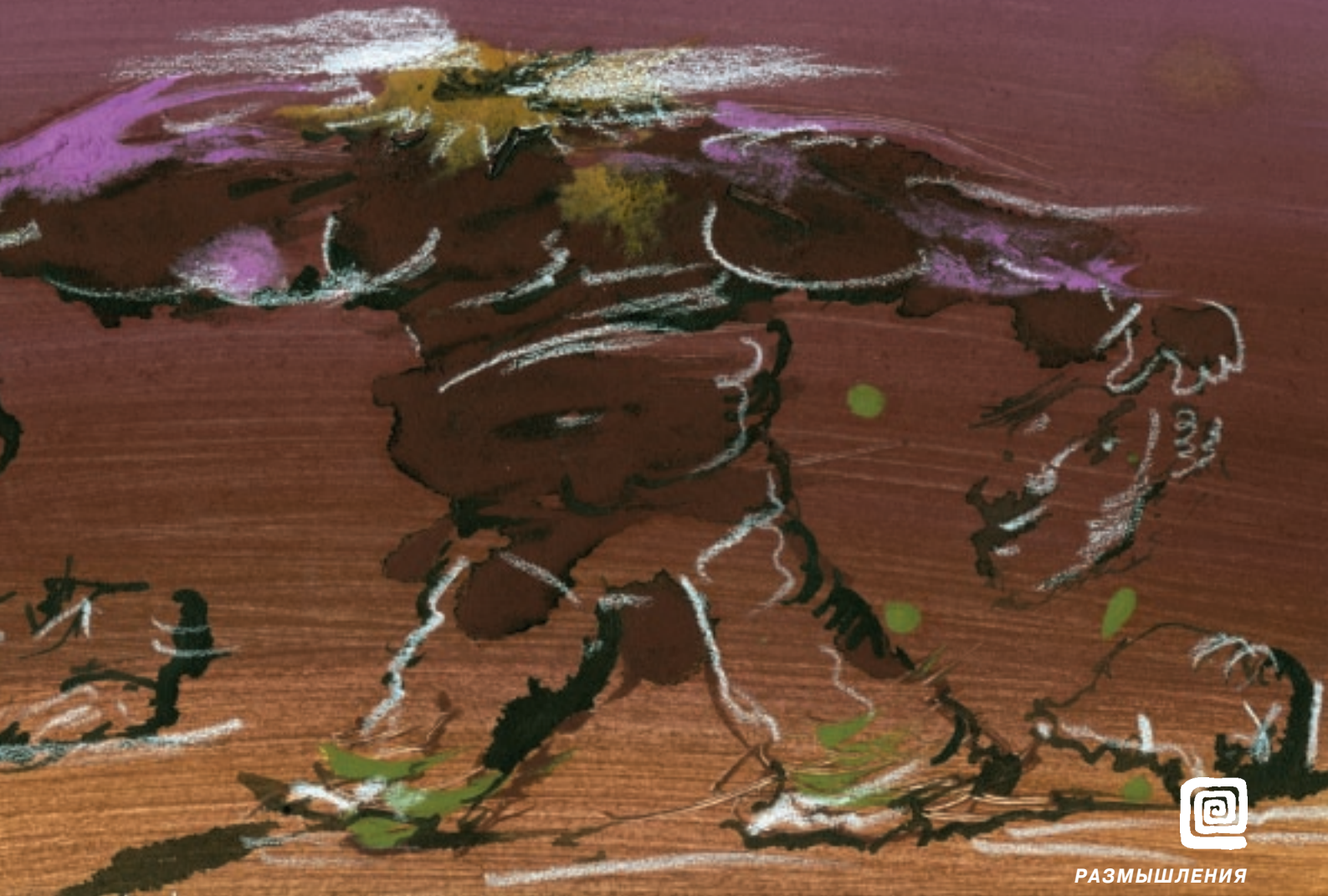
бог Ахура-Мазда!..» Всё — перед нами самая настоящая фантастика. Смех смехом, но это порой помогает.

Итак, удалось нащупать первый, очень ненадежный критерий: наличие в тексте элементов нереального — или малореального. Это может быть имперский звездолет, машина времени или эльфы с русалками. Многие мои коллеги так и определяют жанр (или, скорее, метод) фантастики. В этом случае писателями-фантастами могут считаться Булгаков, Гоголь, Данте, Гомер, а также сказители былин и рун. Такой подход обнадеживает (две трети мировой литературы — не что иное, как фантастика!), однако беда в том, что этот взгляд не признается никем — кроме самих фантастов, и то не всех. Главный и наиболее серьезный аргумент «против» состоит в том, что большинство указанных и неуказанных авторов не ставили перед собой задачу создавать произведения фантастического жанра. То





# Кто такие фантасты



РАЗМЫШЛЕНИЯ

есть они не писали фантастику, а их читатели, на которых произведения и были рассчитаны, относились к ним не как к фантастике.

Возьмем поэмы, приписываемые Гомеру. Что бы мы сейчас сказали о произведении, в котором действие происходит в вымышленной реальности, герои которого — и люди, и боги, и чудовища? Более того, это произведение написано на искусственно созданном, стилизованном под старину наречии? Естественно, перед нами то ли альтернативная история, то ли философский боевик, то ли фэнтези, то ли всё сразу. Но сложность в том, что и авторы «Илиады» и «Одиссеи», и те, для чьего слуха эти поэмы предназначались, воспринимали созданный авторской фантазией мир как свой собственный, разве что существовавший несколькими столетиями раньше. Более того, долгое время поэмы Гомера считались эталоном истины, их автора почитали первым историком, первым географом и первым

этнографом. Вера в подлинность фактов, приводимых в поэмах, пережила античность и просуществовала до XIX столетия, когда Шлиман, опять-таки благодаря вере в Гомера, нашел и раскопал Трою и Микены.

Таким образом, формально мы можем зачислить Гомера в фантасты, но в этом случае придется проигнорировать огромный пласт культурной истории и, мягко говоря, недопонять и недооценить автора. Ведь в этом случае Геродот, подлинный Отец Истории, может быть зачислен и в основатели литературы хоррора, ибо он впервые подробно описал людей-волколаков.

Еще более наглядный пример — Данте. С нашей точки зрения, его «Божественная комедия» — чистая фантастика. Но автор и его читатели жили в эпоху, когда мироздание воспринималось именно по-дантовски. Автор искренне верил в то, что он пишет, а читатели, особенно первые, вполне всерьез считали, что флорен-

тиец действительно побывал ТАМ. А если и не побывал, то воспользовался рассказами тех, кто заглянул ТУДА. Можно привести некорректное сравнение: для современников «Божественной комедии» эта поэма была нечто вроде «Архипелага ГУЛАГа» Солженицына. Впрочем, не исключено, что через несколько столетий и «Архипелаг» сочтут фантастикой.

Несколько сложнее с другим примером — с Гоголем. Говоря о его ранних, романтических вещах, требуется, само собой, вспомнить и всех прочих романтиков, в чьих произведениях фигурируют сказочные существа, нечистая сила, колдуны и ведьмы. Это уже ближе к нашему пониманию фантастики. Едва ли сами писатели-романтики и их читатели верили в басаврюков, панночек, встающих из гроба, и Вия с железными веками. Диканьку и Миргород Гоголя вполне можно сравнить, скажем, со Средиземьем Толкиена, и с чисто литературной

точки зрения сходство почти абсолютное. Но в этом случае приходится игнорировать всю идеологию романтизма. Хочу напомнить, что романтики, исходившие из самооценности каждого этноса, ставили своей целью воскресить мир фольклора и напомнить о нем образованному читателю. Перед нами, так сказать, Гомер из вторых рук. Макферсон, Вальтер Скотт, братья Гримм и тот же Гоголь не верили в троллей и Вия, но писали от имени народа, во все это верящего. То есть воссоздавали вполне реальные миры, те, что веками существовали в народной ментальности. Можем ли мы считать фантастикой, скажем, «Сказки восточных славян» Петрушевской, в которых воссозданы современные мифологические представления советского обывателя? Таким образом, и литература романтиков, включая Гоголя, создавалась и существовала в совершенно ином измерении, нежели современная фантастика.

Несколько иначе обстоит дело с Булгаковым. В некоторых его произведениях фантастика вполне сознательно использовалась как метод. Это и чудоизобретение в «Роковых яйцах», и машина времени в «Иване Васильевиче», и новейшие достижения хирургии в «Собачем сердце». Тут автор выступает именно как фантаст и наш коллега. Но вот относительно «Мастера и Маргариты» такой ясности нет. Конечно, можно взять формальную сторону: раз присутствует мистика и некие параллельные миры, то все вроде ясно. Но, как представляется, перед нами несколько иной метод — метод литературной игры. Герои романа сталкиваются не с фантастическим миром как таковым, а с миром литературных героев, то есть все-таки с реальностью, хоть и второго порядка. По сути, перед нами метод, чем-то похожий и близкий к поминаемому ныне на каждом шагу постмодернизму. Как представляется, это все-таки не фантастика.

Еще сложнее с произведениями особого рода, с самого начала задуманными как описания несуществующих миров. Я имею в виду жанр утопии. «Золотая книга» Томаса Мора и «Город Солнца» Томазо Кампанеллы написаны как художественные произведения о несуществующих странах. Это было ясно и авторам, и большинству читателей современников, кроме разве что самых наивных. Однако и тут есть «но». Эти книги писались в принятой тогда манере — с вымышленными героями, диалогами и даже интригой, — но задумывались все-таки как научные трактаты. Кстати, как представляется, к фантастике следу-

ет с большой осторожностью относиться и «Путешествие на Луну» Сирано де Бержерака, приводимое в качестве примера в каждом очерке истории фантастики, ибо космический полет в ней — не более чем иронический прием, который должен способствовать донесению до читателей социальных и политических взглядов автора.

Этот долгий экскурс был необходим для доказательства очевидной вещи: не все, внешне сходное с фантастикой, таковой является. Необязательно ссылаться на Гомера. Скажем, к фантастам никто не относит наших современников Чингиза Айтматова и Петра Проскурина, хотя в ряде произведений они вполне сознательно использовали метод фантастики (полеты в космос). Некая грань, не всегда даже могущая быть точно обозначенной, все-таки ощущается.

Так что же остается? Вопрос, как видим, очень непростой. Современная фантастика реальна, как реальны те шесть десятков авторов, те два взвода, которые эту фантастику пишут и публикуют. Что же их объединяет, кроме фестивалей и книжных серий?

Поэт в России (и в бывшем СССР), как известно, больше чем поэт. Он еще и чиновник, литератор на должности. Достаточно вспомнить трагикомический диалог во время суда над Иосифом Бродским. Судья, получившая указание засудить молодого литератора, грозно спросила: «Кто вам сказал, что вы поэт?» Вопрос не такой идиотский, как может показаться, ибо в тоталитарном обществе поэт — должность, а не род занятий и не призвание. Например, Ю.В.Андропов, главный чекист и впоследствии генсек, писал неплохие сонеты, но в литераторы его никто и не думал зачислять. Ответ Бродского («Я думал, это от Бога!») в этом смысле абсолютно неверен.

С фантастами история абсолютно сходна. Не стоит повторять, какие задачи ставила перед фантастами власть и какое место в литсистеме она им отводила. Достаточно напомнить: место сугубо подчиненное, вспомогательное. Писатели-фантасты должны были выполнять локальные задачи по научно-техническому воспитанию молодежи и заодно — пропагандировать преимущества советской науки и социалистического строя. Отсюда и похлопывание по плечу — весьма снисходительное. Вспомним еще одну историю, на этот раз чисто комическую, но оттого не менее поучительную. К юбилею Александра Казанцева, тогдашнего мэтра НФ, власть оказалась в сложном положении. Писателю полагался орден — все-таки заслужил! — но рука не под-

нималась подписать указ о награждении какого-то фантаста. Бредовостью ситуации воспользовались умные люди в Свердловске, предложившие Совмину наградить Казанцева не орденом, а премией «Аэлита» и под это дело учредившие знаменитый одноименный фестиваль.

Изменились ли с тех пор традиции? Нет, конечно. Для власти, а значит, для официальной критики, официального литературоведения, а также для большинства СМИ по-прежнему существует большая литература с большими писателями — и прочие, «низкие» жанры.

Итак, вывод первый: ниша (гетто) для фантастов осталась, по сути, прежней, с советских времен. Писателей-фантастов никто не спрашивал, желают они быть вместе или не желают. Всех, кто пишет фантастику (или то, что считается фантастикой), сгоняли в единую толпу. Вместо толпы, однако, возникло войско.

Остается поглядеть, по каким принципам заполнялось это гетто. Имеется в виду именно сегодняшняя тусовка фантастов, те самые два взвода, которые успешно держат фронт отечественной фантастики. Прежде всего мы видим мэтров, представителей старшего поколения. Увы, их осталось немного. Кир Булычев, Владимир Михайлов, Борис Стругацкий и их коллеги были приписаны к фантастике в незапамятное время — и в оной фантастике остались, хотя наиболее грамотные и дальновидные литературоведы давно подметили, что значительная часть литературного наследия тех же братьев Стругацких может быть отнесена к фантастике сугубо формально. То же можно сказать и о многих книгах Кира Булычева. Но прописка — великая сила, и наши мэтры прочно заняли нишу именно в жанре фантастической литературы. Заняли — и в ней остаются.

А далее начинаются весьма забавные обстоятельства. Следующее поколение из ныне пишущих и издающихся — это знаменитая «третья волна»: Андрей Столяров, Андрей Лазарчук, Вячеслав Рыбаков и тот же Виктор Пелевин. Сразу можно заметить, что только первого из них можно считать более или менее «чистым» фантастом. Все остальные писали и пишут произведения, которые лет полста назад никто бы и не подумал отнести к фантастике, да и сейчас «Generation П» или «Опоздавшие к лету» вписываются в фантастику с немалым трудом. Но «третья волна» выросла в творческих семинарах Малеевки, числившихся как семинары фантастов. В дальнейшем началась знаменитая война представителей этой



волны с издательством «Молодая гвардия». Результат оказался парадоксальным: борцы с бездарной фантастикой, представители творческой оппозиции сами стали считаться фантастами. А кем же еще? Ежели борются с генералами от фантастики, то, стало быть, и сами такие же. Лучше, талантливей, моложе — но такие же, то есть фантасты. И никакой турбореализм не помог.

Представители «четвертой волны» пришли уже в готовые структуры и были вынуждены в них влиться, поелику вливаться было больше некуда. Первые изданные произведения Марины и Сергея Дяченко («Привратник», «Ритуал») — по сути, сказки для взрослых, а точнее, для тех взрослых, которые в душе остаются детьми. Но в качестве чего все сие можно было напечатать? Прежние, сохранившиеся рамки (большая литература, детектив, фантастика, детская литература плюс нечто новое — женский роман) давали очень небольшой выбор. В большую литературу со сказками не пускают. В детскую разве что или в женский роман? В результате Марина и Сергей оказались среди фантастов, и, надеюсь, не жалеют об этом. Другое дело, что ноблес, как известно, облич, и авторы, оказавшиеся среди фантастов, начинают постепенно соответствовать общим представлениям о жанре, хоть и не всегда. Но это — иной разговор.

Другой известный автор этого поколения — Генри Лайон Олди, сиречь Олег Ладыженский и Дмитрий Громов. Олди довольно рано выделили свои книги в особый жанр: философский боевик. И действительно, достаточно сравнить любой НФ-роман 60-х годов хотя бы с «Бездной голодных глаз», чтобы, мягко говоря, почувствовать разницу. Но... Первые публикации авторов прошли как фантастика, были оценены как фантастика (премия «Великое Кольцо»), и деваться оказалось просто некуда. В результате войско фантастов выросло, а Генри Лайон Олди оказался навечно приписан к «низкому жанру», как крепостной при Екатерине.

Что говорить об Андрее Валентинове, который писал и пишет исключительно историко-авантюрные романы? Однако такие романы не соответствовали общепринятым традициям Шишкова и Костылева — и писатель не успел моргнуть, как оказался опять же среди фантастов.

Вывод второй: нынешнее фантастическое сообщество сложилось оттого, что в фантастику выталкивали — и сейчас выталкивают — все непохожее, не влезавшее в прежние рамки. Авторам и читателям от этого, надеюсь, хуже не стало, а вот крити-

кам и литературоведам приходится ломать голову, дабы определить, что именно ныне является фантастикой.

Все, кто вступил в литературу после великого книжного бума 1996 года, практически уже не имели выбора. Сложилась традиция Новой фантастики, в которой благополучно сплелись несколько жанров и направлений: турбореализм, философский боевик, литературная сказка, криптоистория и только отчасти НФ и фэнтези. Ниша фантастики стала необыкновенно широкой и глубокой, хотя и осталась той же нишей, тем же гетто. Но прежней фантастики и прежних фантастов в гетто уже нет. Сложился удивительный сплав, который ныне по традиции продолжают именовать фантастикой, она же НФ или фэнтези. Теперь мы искренне удивляемся, когда приходится сталкиваться с каким-то иным ее, фантастики, пониманием. Например, многих из моих коллег позабавило и умилило, что в Америке, сиречь в США, фантастика должна быть либо звездолетной, либо бароно-драконовой, и никак не иной. Смешение жанров там не только не поощряется, но отвергается в корне равно как и любые литературные изыски. И герои, и сюжеты должны напоминать если не швабру, то рельс. Можно посмеяться над недалекими янки с их подростковой культурой, а можно вспомнить нашу собственную НФ полувековой давности. Как ни странно, именно американцы куда ближе к пониманию того, что такое традиционная фантастика (развлекательно-поучительное чтение для молодежи и домохозяйек), чем мы с нашими литературными претензиями.

Итак, рискну сделать вывод, что современная русскоязычная фантастика — не жанр, даже не метод, а очень непростой конгломерат жанров и методов, с одной стороны, и собрание совершенно непохожих в творческом отношении авторов — с другой. Они оказались вместе благодаря обстоятельствам не столько творческим, сколько историческим.

Однако, оказавшись вместе, они создали нечто вроде параллельной, весьма сложной литературы. Несмот-

ря на то что авторов-фантастов (то есть числящихся фантастами) очень немного, мы можем нащупать среди них представителей практически всех жанров. Вспомним: социальная проза — Вячеслав Рыбаков, сатира — Евгений Лукин, юмор — Михаил Успенский, остросюжетный боевик — Василий Головачев, философский роман — Олди, историческая проза Вершинин и Валентинов, женский роман — Трускиновская, литературная сказка и авантюрный роман — Марина и Сергей Дяченко. Имеется даже свои претенденты на эстетский авангард (последние публикации Фрая) и заодно — очень неплохие поэты. Примеры нашего, фантастического, маскульта приводить не буду, дабы никого не обидеть, но он (маскульт) тоже в явном наличии.

Изменится ли ситуация в ближайшее время? Думаю, нет. Новая русскоязычная литература, образовавшаяся после крушения СССР, уже устоялась, в том числе структурно. Вместе с тем относительно свободное книгоиздание в России позволило сформироваться и окрепнуть нескольким новым, уже не зависимым от всяческих союзов, полностью самостоятельным течениям (или, скорее, кланам), которые и в дальнейшем будут вести самодостаточную и вполне счастливую жизнь, завися только от читателей. Период абсолютизма сменился феодальной раздробленностью, и в этом смысле наше гетто вполне может восприниматься как сильное и независимое княжество. И это княжество не одно. По сути, на обломках номенклатурной литературной империи возникло несколько параллельных литератур, каждая из которых содержит целый комплекс жанров и направлений. В их число входит и то, что мы сейчас называем фантастикой.

Итак, нынешняя фантастика — не часть литературы. Она и есть литература — одна из нескольких ныне существующих. Чем мы, фантасты, имеем полное право гордиться.



## РАЗМЫШЛЕНИЯ



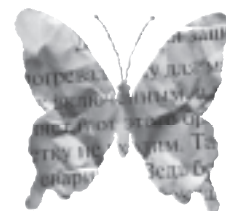


# Почтальон в Волшебной Долине

Владимир Пузий







Что-то вы сегодня поздновато, — проворчал Тирхад. Он оглядел меня с ног до головы, неодобрительно поджал губы и кашлянул: — Госпожа Джессика и так мне все уши прожужжала. Только ей об этом не говорите. Обидится. Да и ни к чему. — И когда я согласно кивнул, продолжил примирительно и уже привычно: — Ну, есть что-нибудь новенькое?

— Сейчас посмотрим, — ответил я в тон ему. — Думаю, что-нибудь да найдется.

Но сегодня искренне следовать правилам игры не получалось, и старик, похоже, это заметил:

— Вижу, молодой человек, у вас не все в порядке. Вы чем-то расстроены. Не из-за опоздания ли, а? Не бойтесь, никто не станет жаловаться. Мы же понимаем.

— Спасибо, господин Тирхад. Вы всегда были очень добры ко мне. На самом деле не хотелось бы, чтобы главный узнал. Могут лишить премиальных... ну, не мне вам рассказывать. А для меня премиальные значат очень много, потому что...

— Помню, помню, — прервал старик. — Вы рассказывали про эту вашу... как бишь ее? Розалинду, да?

— Мою жену зовут Розалия, господин Тирхад, — осторожно поправил я.

— Разумеется. Именно так ее и зовут. Помню, помню. — Он рассеянно постучал пальцами по набалдашнику трости. — Розалия.

Я поправил ремень сумки. Внутри нее зашелестели конверты, и это отвлекло старика от дальнейших разглагольствований.

— Вот, господин Тирхад, — сказал я, — это, похоже, для вас.

Старик цепко подхватил конверты, сунул под мышку бандероль и кивнул:

— Спасибо, молодой человек.

— Распишитесь вот здесь.

Поблагодарив его, я застегнул сумку и посмотрел на часы. Ого! Так быстро мы с ним никогда не заканчивали. Не раздражать — это главное. Но таких, как он, здесь два десятка. И все ждут.

Я попрощался и вышел, прикрыв за собой калитку. Запрыгнул в велосипедное седло (пытаясь при этом сохранить солидность: *они* очень не любят торопливости) и помчался дальше. Домики здесь, в долине, расположены на приличном расстоянии друг от друга, поэтому приходится пользоваться велосипедом. Меня это более чем устраивало: жмешь на педали, глядишь по сторонам — благодать! Но сегодня, видимо, день не заладился с самого утра.

Да, с самого утра... Будильник зазвонил на полчаса раньше положенного. Теперь я мог только благодарить за это судьбу, но поначалу разозлился: ехать на работу было еще рано, но, однако ж, поехал — и влип в автомобильную пробку. В которой и простоял полчаса. То есть практически опоздал...

— Добро пожаловать, молодой человек! — прогремело где-то у самой макушки тополя, что рос справа.

— Заждались мы вас, заждались! — гроыхнуло в кроне могучего дуба, стоявшего по левую сторону дороги. — Ай, заждались!

Отвечать не имело смысла. Я лишь вежливо поклонился и поехал дальше.

До следующего домика добираться — что-то около четверти часа, если считать от первого громкоговорителя. А насчет зеркал не знаю, никогда всех не видел. Нет, молодцы все-таки эти братья Лэрроки, здорово придумали. Иногда мне кажется, что тут не обошлось без колдовства, хотя, само собой, ни о каком колдовстве не может быть и речи. Просто старики очень точно рассчитали и установили зеркала вдоль дороги так, что, сидя у себя на веранде, они видят, как спешит-торопится, жмет на педали припозднившийся почтальон.

сторон, трубят, скандируют, привлекают прессу. Вот только газетчиков нам здесь не хватало!

И Бернар посмотрел на меня, как будто это я самолично пригласил газетчиков. А может, и вообще — тайный корреспондент «Нашего времени».

— Ну, чего молчишь, специалист? Давай, расскажи мне, как необходимо, чтобы ты сегодня отправился в долину. Ну!

— Все равно не пустите, — сказал я. — Хоть господа ученые и объяснили все с научной точки зрения, не пустите.

— Ерунда! — возмутился он. — Чушь собачья! Мне ж не известно, какие приказы я получу минуту спустя по вот этому телефону. — Начохраны указал на черный пластмассовый корпус дисковика. Затем взял с окна лейку, полил вазоны с традесканцией и пальму в кадке.

Я кашлянул: время-то шло.

— Долой! — скандировала за окном толпа. — Долой-долой-долой! Долой киборгов! Убийцам — нет! Мы требуем! Требуем!..

— Вот так, парень, — вздохнул Бернар. Похоже, крики толпы его немного успокоили. — Киборги, убийцы!

— Вы же сами знаете: они — не киборги, а биороботы. И не убийцы. Просто старые механизмы, которые могут... потенциально могут выйти из строя. Ну, в смысле, проявлять агрессивность.

— Короче, убивать, — подытожил начохраны. — Но гуманные люди не стали уничтожать биороботов, потому что биороботы — создания разумные, им тоже бывает обидно. Хоть и не бывает больно. И поэтому твоих «старых механизмов» изолировали. Так? Так, почтальон.

Ну, не совсем так, но я промолчал. Бернар и сам хорошо знал, что к чему.

— Вот таким образом обстоят у нас дела. — Начохраны налил себе воды из графина, выпил, поморщился. Налил еще. — Вернее, так обстояли. Потому что выборы-перевыборы на носу. Потому что общественность против. Потому что здешние научные исследования за три года не дали науке ни черта. Потому что вкладывать деньги в детские интернаты и дома для престарелых выгоднее, нежели в долину списанных биороботов. Потому что в конце концов есть еще невероятно важный фактор, как мнение избирателей. И поэтому господин президент в любой момент может поднять трубку и набрать мой номер.

И тут же зазвонил телефон. Он звонил резко и требовательно, по-хозяйски, но Бернар сначала расстегнул верхнюю пуговицу рубашки, положил фуражку поверх стопки бумаг и только потом взял трубку.

— Да, — сказал он, а затем, изменившись в лице, выругался. — Это вы, Ормонд? Ну и что такого срочного выдал наш компьютер? Неужели... — Тут Бернар осекся и снова выругался. — Ладно, — проговорил он наконец, — ладно, Ормонд, благодарю вас. Если будут вопросы, перезвоню.

Ормонд (он же, за глаза, — Квазимодуль, Квази) — местный программист, один из немногих оставшихся в Центре. Интересно, что такого сообщил Квази?

— Ормонд кое-что подсчитал. — Начохраны взял со стола фуражку и стал вертеть ее в руках. — Короче, если в долине не появится почта, вероятность того, что «старик» взбесится, — восемьдесят девять и три десятых процента.

Я в который раз посмотрел на часы и поднялся.

Бернар хлопнул меня по плечу, едва не усадив обратно: — Удачи, почтальон! Вернешься — поблагодари Ормонда. Без его «статистики» черта с два ты б поехал — рассказы-вай мне хоть тысячу раз, что отвезти почту необходимо.

— А что же с версией...

Домик стариков заметен издалека: высокая тонкая жердь с красно-белым метеорологическим флюгером на конце растет прямо из крыши, возвышаясь над окружающими зарослями дикого винограда и яблонями.

— Калитка открыта, въезжайте! — сообщил громкоговоритель над моим ухом. Можно подумать, здесь когда-нибудь закрывали калитку!

Я оставил велосипед у заборчика и направился к веранде. Она тоже поросла диким виноградом, из-за чего две массивные тени становятся заметны, лишь когда подходишь очень близко. Я отвел рукой виноградные побеги и, склонившись, пробрался внутрь. Тени качнулись в креслах-колясках, шевельнули руками.

— Ну вы даете, молодой человек! — флегматично заявила левая тень. — Неужели проспали?

Я смущенно кашлянул и отвел глаза.

— Да нет, Ронуальдо, он был с женщиной, — авторитетно сообщила правая тень. — Ведь я прав, да?

— Во-первых, Мариний, говорить о присутствующем в третьем лице невежливо, — вздохнула левая тень. — Во-вторых же, если молодой человек, как ты выражаешься, был с женщиной, он, следовательно, проспал и...

Правая хохотнула:

— Я вкладывал несколько другой смысл в ту фразу. Но ты прав, Ронуальдо, говорить о присутствующем в третьем лице невежливо. Простите, молодой человек. А теперь расскажите наконец, что вас задержало.

— Если вкратце...

— А не надо вкратце, — прервала меня одна из теней. — Вы обстоятельно, не торопясь. Хотите чаю?

— Начинайте, — велел Ронуальдо Лэррок. Мариний же ничего не велел, он ушел за чаем.

Всегда, сколько привожу почту этим старикам, удивляюсь: как можно, обладая подобными размерами, двигаться столь бесшумно и ловко? Братья Лэрроки не просто толстые люди — они очень толстые. И похожи один на другого, как... не как две капли воды, а именно как Ронуальдо на Мариния. Иногда начинаешь думать, что их можно различить по голосу. И каждый раз, когда начинаешь так думать, понимаешь: ошибся, нельзя! Такое впечатление, будто они сами, просыпаясь утром, не помнят, кто из них кто, и попросту тянут жребий, выбирая имена.

Через пару мгновений Мариний явился на веранду, поставил на столик массивный металлический чайник, три кружки и вазу с печеньем.

Держа в одной руке увесистую кружку, а в другой не менее увесистое печенье, я принялся рассказывать. Вернее, выдумывать на ходу.

Да, день точно не удался.

**В**едь говорил же Бернару, что могут возникнуть проблемы такого рода! А он только махнул рукой и ткнул пальцем в окно. К окну я подходить не стал.

— Ты вообще понимаешь, какая катавасия заварилась? — раздраженно спросил начохраны. — Обложили КПП со всех



— Придумаешь какую-нибудь ерунду. Скажешь, Розалинда родила — они поймут.

— Вообще-то ее зовут Розалия.

— Да, конечно. Извини. Ну давай-давай, поторапливайся. Придумаешь что-нибудь...

**Л**эррокам я рассказал про автомобильную пробку, про битую крышку, внезапно закончившийся бензин. Про переучет на почте, из-за которого очень долго не мог получить нужную корреспонденцию. И в подтверждение потянулся за сумкой.

— Нет, молодой человек, вы меня расстраиваете, — сказал Мариний. — Неужели нельзя было опоздать по более интересной причине?

— Ты имеешь в виду женщину? — ехидно поинтересовался Ронуальдо.

— Не перебивай. А хотя бы и женщина. По крайней мере, интереснее. А между прочим, госпожа Джессика сейчас...

— Ну что, что госпожа Джессика?! Оставь ты ее в покое, прошу тебя, братец. В конце концов...

— Ваши письма, господа! — Чтобы отыскать нужные конверты, мне пришлось встать и подойти к перилам веранды. Здесь, в одиноких лучах солнца, пробившихся сквозь виноградные дебри, я сумел отобрать корреспонденцию Лэрроков. В том числе и две средних размеров коробочки, одна из которых оказалась помятой; внутри что-то дребезжало.

— За письма спасибо. — Ронуальдо взял конверты и спрятал их в одном из многочисленных карманов-сладок своего комбинезона. — А пришли ли заказанные детали?

— Вот, — я протянул ему бандероли, — прислали. Но по-моему, в одной что-то сломалось. Слышите, как дребезжит?

Старики вскрыли коробочки и исследовали содержимое. Странно, как им удается видеть в такой темноте. Говорят, Лэрроков делали специально для подземных работ.

— Да все в порядке, молодой человек, — шумно вздохнул Ронуальдо. — Не переживайте вы так. Нормально. Ничего не сломалось. Благодарствуем. Где расписаться?

Они расписались, я отхлебнул напоследок чайку и распрощался.

От Лэрроков дорога вела к домику госпожи Марты. Но старушку я там не застал: на деревянной, выкрашенной в розовое калиточке висел клочок бумаги. «Ушла в гости. Буду поздно вечером. Оставьте, пожалуйста, письма на веранде. А меня найдете у госпожи Джессики — там и распишусь за них. Г-жа Марта».

Вот черт! — подумал я. Оставил письма и отправился дальше.

**В**опрос о пристанище для списанных биороботов возник всего три года назад. До недавних пор их считали самым удачным решением многих производственных проблем: мало ли где найдется работа, слишком рискованная для жизни человека. Правда, существовала еще проблема себестоимости, но в некоторых случаях без биороботов просто невозможно было обойтись. Ну а кроме того, живые механизмы не просто походили на человека — они обладали человеческим разумом, питались как люди. Но главное, они были управляемы. И соответственны — послушны.

Первый биоробот настолько впечатлил широкую общественность, что никто не стал дожидаться окончания экспериментов. Ведь человечеству всегда требовался идеальный слуга, покорный раб. Это ясно, но эксперименты



## ФАНТАСТИКА

и испытания следовало бы довести до конца. Поэтому получили, что хотели. Состарившийся идеальный раб-слуга три года назад начал сбивать. Ну прямо как старик, которого выводит из равновесия любая мелочь: остывший чай, мятая утренняя газета, испорченный радиоприемник. Но если старый человек в худшем случае может испортить вам настроение, то биоробот способен на большее.

Первые два убийства списали на обстоятельства. После третьего газетчики насторожились. После шестого началась паника. Демонстрации, митинги, выступления в защиту и в знак протеста. Были и попытки уничтожить биороботов... Вся эта катавасия совпала с выборами президента. И нынешний (тогда еще кандидат) предложил: господа, убивать живые механизмы негуманно — они ведь живые; поэтому давайте-ка лучше мы их изолируем от общества и позволим доживать свой век. Ученые, к тому моменту погрузневшие, восторженно воскликнули: «Давайте-давайте!» Ученых, как известно, хлебом не корми — позволь понаблюдать. Так появилась Долина биороботов, с небольшим исследовательским центром и службой охраны. Ну а сами живые механизмы считали себя обыкновенными старичками-старушками миллионерами на отдыхе. Всех все устраивало. Но ситуация изменилась, да еще как!

**А**омик госпожи Джессики стоит в центре небольшого озера, на островке, соединенном с сушей тонким дощатым мостом; всякий раз, когда я въезжаю на него, он вибрирует и норовит скинуть меня в воду. Потом у дверей появляется хозяйка, упирает руки в боки, и весь оставшийся путь я проделываю под ее пристальным взглядом — до тех пор, пока не попадаю в зону поражения, то есть слышимости. Госпожа Джессика любит поговорить, много и долго, ей важен сам факт присутствия слушателя. Собеседники госпоже Джессике ни к чему.

Вообще-то я старуху недолюбливаю. Дело даже не в ее болтливости. Просто однажды она чуть было не сорвалась. Мы сидели и разговаривали, и вдруг госпожа Джессика встала и пошла на меня, медленно, угрожающе. И даже подняла руку для удара. Я сначала попытался спросить у нее, в чем дело, но старуха двигалась все так же молча. Тогда я поднялся из кресла, намереваясь... а-а, сам не знаю, что я собирался в тот момент делать. Короче, поднялся, а она возьми и становись. И самым обыкновенным голосом сообщает: «На вашем плече, молодой человек, сидела эта проклятая муха, за которой я уже полдня гоняюсь! Зачем же вы ее спугнули?»

Когда я с перепугу рассказал про этот случай в Центре, там всерьез подняли вопрос о ликвидации госпожи Джессики. Даже моего мнения спрашивали. А я что, я сказал: все нормально. (Ну, на самом-то деле, конечно, если бы без меня решили вопрос о ликвидации, я бы вздохнул с облегчением; очень не люблю подписывать смертный приговор — никому, даже биороботам.)

После того случая в наших отношениях с госпожой Джессикой, по сути, мало что изменилось. Вежливость почта-

льона, не желающего потерять работу, да болтовня одинокой старухи. Она, кажется, вообще не помнила о своей попытке убить ту самую муху, но я, бывая здесь, стал куда внимательнее.

— Что-то вы припозднились сегодня, молодой человек! — начала она. — Во времена моей молодости, замечу вам, никто себе такого не позволял. Помню, несколько раз опаздывали на работу — что было, то было, — но всегда страшно переживали из-за этого.

— Простите, не зависящие от меня обстоятельства.

Госпожа Джессика раздраженно отмахнулась:

— Оставьте это! Какие могут быть «не зависящие от вас обстоятельства»? При нынешнем-то уровне развития общества? Нет, я решительно отказываюсь вас понимать! Заметьте... Вы слушаете меня, молодой человек? — И когда я закивал, продолжила гневно: — Так вот, извольте наконец объясниться. И входите же в дом, не стойте на пороге, как истукан! Честное слово, иногда жизнь становится просто невыносимой!

Я оставил велосипед и последовал за старухой в дом, внимательно глядя по сторонам. Мы оказались в гостиной, обставленной роскошно, но безвкусно. Хотя, конечно, я всего лишь почтальон, мне сложно судить.

За огромным столом, накрытым дорогой скатертью, сидела еще одна старушка — госпожа Марта. Вообще-то она у нас вторая по опасности в долине, но выглядит вполне мирно. Мы поздоровались, я присел к столу и согласился почаевничать с ними.

Пока госпожа Джессика ставила на стол четвертый чайный прибор, я рылся в сумке, а госпожа Марта рассказывала о последних новостях.

— Вчера закончила очередную главу. Самую-рассамую печальную, где Моника теряет сына. Мы как раз собирались сегодня почитать ее... вернее, я собиралась почитать ее Джессике, но, знаете, тут...

— Тебе сколько ложек сахара, дорогая? — вмешалась хозяйка.

— Две, ты же знаешь. Так вот, о чем это я?

— О том, как ты закончила очередную главу.

Я подумал, не уточнить ли. Но не рискнул: это могло вызвать кое у кого излишнее раздражение. Пускай все идет своим чередом, там разберемся. Никуда от меня этот кружок конспираторов не денется.

— А как вы, молодой человек? Как ваша жена? Кажется, ее зовут Розалинда?

— Джессика, не хотелось бы тебя перебивать, но его жену зовут Розалия, — с мягкой улыбкой сказала госпожа Марта. — Или я ошибаюсь? — повернулась она ко мне.

— Нет, госпожа, вы не ошибаетесь. — В моей ответной улыбке было больше искренности, чем обычно. — Ее и в самом деле зовут Розалией. А что касается ее здоровья, то благодарю вас, она чувствует себя неплохо.

— Ваш чай, — промолвила хозяйка, пододвигая ко мне чашку.

Мы стали пить чай. Хозяйка проглядывала новые журналы, гостя в меру самокритично распространялась о достоинствах и недостатках законченной главы, я глазел по сторонам. Все как всегда. Вроде бы все как всегда. Ничего значительного. Кроме четвертого чайного прибора. Ипользованного.

Интересно, чем это госпожа Джессика обязана сегодняшним визитам соседей?

— К слову, дорогая, как там поживают твои золотые «конские хвосты»? — Госпожа Марта закончила критический обзор собственного творения, и ей стало скучно.

Хозяйка отложила в сторону свежий выпуск «Мира аквариумистики»:

— «Конские хвосты»? А я разве не говорила? Отнересались, завтра или послезавтра должны проклюнуться малыши.

— Ты выпустишь их в озеро?

— О, не знаю! Это очень сложно решить. Биологическое равновесие может нарушиться. Я отправила письмо в редакцию, но ответа до сих пор не получила. Тебе же известно, все журналисты ужасные зазнайки, делают вид, будто заняты, а на самом деле только точат ляды с утра до вечера да катаются по командировкам. Недавно читала, как один такой пишет о пираньях: поверишь, ни слова правды! Ни единого словечка! Так, словно он вообще не имеет представления об этих рыбах. А взялся писать — вот ведь что обидно. Скажите, молодой человек, вы никогда не пытались сотворить нечто литературное? И правильно сделали, что не пытались: каждый должен заниматься своим делом. Вы — вовремя развозить почту, Мариний с Ронуальдо — мастерить свои механизмы, Марта...

Задремавшая было госпожа Марта вскинулась и, не открывая глаз, пробормотала:

— Конечно, конечно, я как раз собиралась сказать то же самое...

В ней что-то скрипнуло, звякнуло — она снова заснула.

— Одним словом, — продолжила госпожа Джессика, — каждый должен заниматься своим делом. Понимаете, своим! Но этого мало, вот в чем соль. Недостаточно просто заниматься своей работой — нужно еще и делать ее так, чтобы... чтобы...

Старуху иногда заедает — она просто-напросто отключается на несколько минут, застыв статуей музея восковых фигур. Вот как сейчас.

Я тихонько отодвинул стул и поднялся. Никогда не знаешь, сколько времени госпожа Джессика будет находиться в ступоре. А в последнее время с ней такое случается чаще и чаще. Мне оставалось только надеяться, что я успею.

В гостиную вело несколько дверей, и я выбрал ту, что расположена в дальнем углу справа. За нею, в длинном узком зале, старуха держала свои аквариумы. Из этой «рыбной комнаты» (я хорошо помнил план дома Джессики) был еще один выход — на лестницу, в спальню покои.

«Рыбная комната» поражала воображение. Вдоль стен выстроились стеллажи с аквариумами, и кого там только нет! Золотые рыбки (в том числе и любимые хозяйкины «конские хвосты»), цихлиды, миниатюрные щучки, сомки и даже пираньи. Но у меня не было времени глазеть на здешнее великолепие. Я поднялся в спальню старухи.

Почему именно сюда? Почему не помчался на веранду, не заглянул на кухню? Наверное, интуиция. И я не ошибся.

На кровати спал мальчик лет шести-семи, светловолосый, прилично одетый — сразу видно, из состоятельной семьи.

Я не придумал ничего лучшего, чем разбудить его. Подошел, осторожно тронул за плечо и сразу шагнул назад, чтобы не напугать.

Он поднялся, сонный, взлохмаченный, с красным отпечатком ладони на щеке.

— Кто вы такой? — спросил он чуть растерянно. — А, понял, вы почтальон! Который приходит раз в неделю, да?

— Ты угадал, дружище. Я почтальон. А вот ты кто будешь?

Он шмыгнул носом, но не ответил. И тут же дверь за моей спиной скрипнула — я обернулся, уже зная, кого там увижу.

Это я представлял себе много раз: как госпожа Джессика нападает на меня, а я обороняюсь. Поверьте, ничего для меня обнадеживающего в тех картинах не было.



Старуха стояла в дверном проеме и неотрывно глядела на нас. Потом шагнула вперед. Я выпрямился, инстинктивно закрывая собой мальчика. Но тот вышел вперед, сладко зевнул и будничным тоном спросил:

— Госпожа, скажите, пожалуйста, который час?

Старуха остановилась и ответила спокойно:

— Ты спал совсем немного. Не беспокойся, внучек.

— Понимаете, не хочу опаздывать, — объяснил мальчик. — Иначе влетит. А?..

— Подарок уже ждет тебя, — сообщила госпожа Джессика, и, клянусь, в ее голосе звучала самая настоящая нежность! Слово это мальчик и вправду был ее внуком. — Я написала на листке, как нужно за ними ухаживать. И дам журнал — почитаешь. — Мальчик покраснел, и я догадался, что читать он еще, скорее всего, умеет плохо. — Вы ответите его, молодой человек? — обратилась она ко мне.

Я кивнул, хотя плохо представлял, куда это я должен, как она сказала, отвести ребенка. Хорошо, по крайней мере, одно: сейчас госпожа Джессика, кажется, не собирается никого убивать.

Мирно, словно члены добропорядочной семьи, мы спустились по лестнице в «рыбную комнату». Здесь хозяйка прихватила меня за локоть, не сильно, но властно.

— Молодой человек, я хотела бы... э, попросить вас... — Старухка замолчала, впервые за время нашего знакомства пытаюсь подыскать нужные слова. — Проводите, пожалуйста, ребенка домой. Да... и не досаждайте ему расспросами. А главное — не ругайте его и не позволяйте, чтобы его ругали родители. Мне кажется, он пришел сюда тайком от них, понимаете?

Я, как мог, подтвердил, что, несомненно, понимаю всю деликатность возложенной на меня миссии.

— Это не обязанность, — уточнила госпожа Джессика, — это просьба. А то... знаете, когда они прощаются с тобой, всегда боишься, что они приходили в последний раз. И после этого становишься невероятно раздражительной: все просто валится из рук — жить невозможно! — Тут старушка помолчала, вздохнула и хлопнула меня по плечу: — Ну, ступайте же, мальчику нужно торопиться.

— А как быть... э, с другими?... — Похоже, я заразился от госпожи Джессики неспособностью связать два слова. — Ведь мне нужно развезти почту, я и так задержался.

— Не беспокойтесь, — заверила старушка. — Я им объясню, они поймут. Не сомневайтесь, поймут.

— А знаете что, — нашелся я, — давайте-ка мы договоримся так: я оставлю вам всю корреспонденцию, а вы ее постепенно разнесете своим соседям. Хорошо?

— Вы просто чудо! — И тут она порывисто обняла меня — обняла и... чмокнула в щеку. — Ну, ступайте!

Черт, то мгновение я запомнил на всю жизнь: показалось, никогда еще я не был так близок к смерти.

**П**опрощавшись со старушками, я усадил мальчика на багажник, забросил на плечо полупустую сумку и поехал. И что-то тяжело мне было.

— Куда мы? — спросил мальчик.

— К выходу из долины. Куда же еще?

— Нет. — Он пошевелился у меня за спиной, перекладывая из руки в руку целлофановый пакетик с двумя рыбками, подаренными госпожой Джессикой (рыбки напоминали миниатюрных восточных драконов желто-черного цвета). — Нет, нам не туда. Остановитесь.

Я выполнил его просьбу. Тем более что у обочины дороги как раз лежало упавшее дерево, на которое можно было присесть и поговорить. А нам непременно следовало поговорить. Я прислонил велосипед к стволу и опустился на поросшую бархатистым мхом кору.



## ФАНТАСТИКА

— Устраивайся, — предложил я.

Мне ответили настроженным взглядом.

— Я опаздываю.

— По крайней мере, расскажи, куда тебя везти.

— Неужели не знаете? — удивился он.

— Как видишь.

Мальчик сел, но подальше от меня, не выпуская из рук пакетика с «драконами».

— А теперь давай по порядку, — сказал я. — Начни с того, откуда ты взялся и почему вообще находишься здесь, где находиться тебе в принципе... Эй, спокойнее! Никто твоих рыбок не отберет, я просто хочу знать...

— Зачем?! — Это походило на крик загнанного звереныша.

— Затем, что до сих пор был известен только один вход в долину. И вряд ли ты смог бы им воспользоваться.

— Если вы говорите про тоннель, то смог! — (Ого, а ведь он гордится этим!) — Ну, ясно, в Волшебную Долину просто так не попасть, нужно пройти испытание. Я его прошел. И поэтому заслужил подарок!

— погоди! Как ты думаешь, где мы сейчас с тобой находимся?

— Шутите?

— Разве похоже?

(Пауза, в течение которой мои слова проверяются: не фальшивы ли.)

— Ну ладно, в Долине.

(Тест закончился успешно.)

— В Волшебной? — уточнил я.

— Ага, в Волшебной.

— Так, и ты пришел сюда, чтобы получить подарок?

— Ну да. Так все наши делают.

— Какие «наши»?

Он пожал плечами:

— Из интерната, конечно.

Вот именно — конечно! Можно было и раньше догадаться. С этим интернатом тоже хватало мороки. Его построили давным-давно, он считается одним из старейших интернатов для детей из хорошо обеспеченных семей. (Всегда удивлялся, почему богатые родители отдают детей в интернаты? Ну, речь теперь не о том.) Я уже упоминал, что, когда подбирали место для моих клиентов, решили, что долина, окруженная со всех сторон отвесными горными склонами, подходит просто-таки идеально. Но в этом идеальном расположении имелась и одна заковыка: рядом, на северном склоне, стоял интернат. Вроде и не близко, но... Но договорились: детям, а точнее, их зажиточным родителям гарантировали безопасность. И вот теперь я сижу тут рядом с оборотом, ухитрившимся сбежать из интерната и попасть в долину. И ладно если б один: как выяснилось, «так все делают»!

— Ну хорошо, — произнес я примирительно, наблюдая за рыбками в блестящем на солнце пакете. — Хорошо, поехали к интернату. А как ты собираешься возвращаться?

Мальчик посмотрел на меня, словно на умственно отсталого:



## ФАНТАСТИКА

— Через тоннель, а как же еще?

— И куда ехать?

Он показал. И мы поехали. Сначала молчали, потом я не выдержал:

— Слушай, расскажи, а зачем вы сюда ходите?

— Неужели не знаете? Нет? Мы ходим сюда к волшебникам, это-то вы понимаете? Первым был Ришар, он и нашел тоннель — ну, не искал, конечно, а просто заблудился. Сначала играл и потом потерялся. И никак не мог вернуться, перепутал направление... короче говоря, нашел Долину. И попал к толстякам. Вернее, они его сами нашли и позвали к себе, хотя Ришар был далеко от их дома. Ну, волшебники — вы же понимаете.

Я понимал.

— Толстяки подарили Ришару самокатку. Это такая машина, ее толкнешь, и она катится, пока на что-нибудь не наткнется.

— А если не наткнется?

— Так и будет катиться. Мы проверяли, сколько могли. А Ришар сначала не хотел рассказывать, откуда взял самокатку, но в конце концов проболтался. И тогда мы нашли тоннель и стали ходить в Долину.

— А не страшно было?

— Сначала страшно, но потом оказалось, что волшебники там только хорошие. Чаем поят, угощают разными вкусными вещами, дарят подарки.

— И часто вы сюда навещаетесь?

Мальчик вздохнул:

— Не-а, часто не получается. У нас воспитатели строгие, особенно одна, Злюка. Давайте поторопимся, а то скоро ее смена.

Мы поторопились и успели. Тоннель начинался в пещере на одном из склонов; мальчик вытащил из тайника фонарик, и мы отправились под землю. Вышли уже рядом с интернатом. Я проводил своего подопечного до лаза в заборе, пожелал удачи и пошел обратно, в долину.

**Н**а КПП я, как и положено, отрапортовал, прошел беглый осмотр (все ли со мной в порядке, не пытаюсь ли чего утаить), а потом отправился к Квази. Надо ведь поблагодарить, как посоветовал мне Бернар.

Квази-Ормонд сидел за компьютером и скользил пальцами по клавишам. На мое появление он отозвался энергичным стрекотом и развернулся вместе с креслом в мою сторону:

— Ну, как дела? Старые не буянят?

Я присел в свободное кресло.

— Старые? — переспросил. — Нет, не буянят.

А потом взял и выложил ему всю историю про интернат и «добрых волшебников». Сам не знаю почему: на КПП не рассказал, а тут — словно прорвало. Ормонд молча выслушал, еще больше сгорбил спину (за такую спину его и прозвали Квазимодулем), и дальше я услышал:

— Удивительно! Если то, что ты мне наговорил, — правда, то мы нашли пресловутый стабилизирующий фактор. Теперь...

Он повернулся к экрану, снова защелкал клавишами. А я положил руку ему на плечо:

— Подожди, не торопись. То, что я тебе рассказал, это действительно правда. Но никто, кроме тебя, не должен ее знать. Ну, подумай сам!

Он подумал (это заняло полминуты), потом энергично кивнул:

— Ты прав! Конечно, ты прав. Но... Хорошо, я просто буду учитывать это в своих вычислениях. Неофициальных. И сообщать тебе.

— Это уже идея получше.

— Значит, так и договоримся... — Его взгляд как-то затуманился. — Удивительно. Дети из интерната и старики бироботы! Кто бы мог подумать?

— А что с митинговавшими? — спросил я.

— Да разошлись по домам. Кушать-то всем хочется.

— Завтра опять явятся?

Он пожал плечами:

— Может, явятся, а может, нет. Посмотрим. В любом случае сейчас я собираюсь последовать их примеру. Слушай, ты ж на авто — подкинь меня, да?

**А**ома все как всегда. Розалия сообщила мне, что заходила госпожа Никокириа, прибралась, посидела с ней и, отпросившись, убежала. Я в очередной раз пригрозил, что уволю эту госпожу ко всем чертям. Розалия попросила, чтобы я этого не делал.

Мы поели, я выкатил кресло с женой на балкон (она любит смотреть на закат, даже в городе, с грязными небоскребами и шумными улицами), поговорили о том о сем. Конечно, я рассказал ей про мальчика из интерната. Обсудили подробно. Потом Розалия попросила высадить ее из кресла на диван — начинался какой-то фильм. Она смотрела, я мыл посуду. Помыл, присоединился к ней. Фильм не понравился, переключили, искали по каналам — ничего стоящего. Розалия стала читать книгу, я — работать.

Когда пришло время отправляться в постель, жена подъехала ко мне, едва слышно позвякивая креплениями кресла:

— Ты идешь?

— Да, сейчас уложу тебя. Но сам еще немного посижу, договорились?

Она легла в кровать, улыбнулась мне. Мы поцеловались.

— Ну, спокойной ночи. Не засиживайся допоздна, хорошо?

— Хорошо, родная.

Я погасил свет, тихонько закрыл дверь спальни и прошел к письменному столу. Письмо господину Тирхаду от сына было почти закончено, оставалось еще ответить на вопросы госпожи Джессики и непременно подготовить посылочку для братьев Лэрроков — въедливого Мариния и флегматичного Ронуальдо.





It is important to note that the above information is for informational purposes only and does not constitute an offer of insurance. For more information, please contact your insurance agent.

### PROPERTY LOSS COVERAGE

Property loss coverage provides protection for the insured's property in the event of a covered loss. This coverage is typically included in a standard homeowners policy.

The amount of coverage is typically based on the replacement cost of the property. This means that the insured will be able to replace the property with a similar item of similar quality and quantity.

It is important to note that property loss coverage does not cover wear and tear, mold, or other types of damage that are not covered by a standard homeowners policy.

For more information, please contact your insurance agent.

### LIABILITY COVERAGE

Liability coverage provides protection for the insured in the event of a covered liability claim. This coverage is typically included in a standard homeowners policy.

The amount of coverage is typically based on the insured's net worth. This means that the insured will be able to pay for the damages caused by the insured's actions.

It is important to note that liability coverage does not cover intentional acts or criminal acts. For more information, please contact your insurance agent.

### PROPERTY LOSS COVERAGE

Property loss coverage provides protection for the insured's property in the event of a covered loss. This coverage is typically included in a standard homeowners policy.

The amount of coverage is typically based on the replacement cost of the property. This means that the insured will be able to replace the property with a similar item of similar quality and quantity.

It is important to note that property loss coverage does not cover wear and tear, mold, or other types of damage that are not covered by a standard homeowners policy.

For more information, please contact your insurance agent.

Property loss coverage provides protection for the insured's property in the event of a covered loss. This coverage is typically included in a standard homeowners policy.

The amount of coverage is typically based on the replacement cost of the property. This means that the insured will be able to replace the property with a similar item of similar quality and quantity.

It is important to note that property loss coverage does not cover wear and tear, mold, or other types of damage that are not covered by a standard homeowners policy.

# Ферма, Уайлс И единство математики

«Князь» математиков К. Гаусс сказал, что «математика — царица наук, а теория чисел — царица математики».

И даже те, кто совсем не знаком с этой теорией, наверняка слышали про Великую, или Последнюю (у него были и другие), теорему Ферма, доказательство которой стало одним из самых ярких научных событий последних лет.

А началась эта история с того, что французский юрист и математик-любитель Пьер де Ферма оставил на полях изданной в 1621 г. на латинском языке «Арифметики» александрийского ученого III века Диофанта, среди прочих, такое замечание: уравнение  $x^N + y^N = z^N$  не имеет решения в целых числах при целом  $N$  больше двух. Ферма написал, что он нашел этому замечательное доказательство, однако места на полях слишком мало, чтобы он мог тут его изложить.

Понятно, что для  $N = 2$  целые решения есть, и не одно: например,  $3^2 + 4^2 = 5^2$ ;  $12^2 + 5^2 = 13^2$ ;  $25^2 = 24^2 + 7^2$  (прямоугольные треугольники с такими целочисленными сторонами в Древней Греции называли «божественными»). Другими словами, площадь квадрата со стороной, длина которой выражается целым числом, может быть равна сумме площадей двух других квадратов с целочисленными сторонами. А вот для объемов трех кубов (и для более высоких степеней) подобное соотношение, согласно Ферма, уже невозможно.

Никаких следов доказательства этого утверждения, даже намек на него в бумагах Ферма не обнаружили. Возможно, он ошибался в своих рассуждениях, хотя, по мнению великого Л. Эйлера, «никто никогда столь успешно не проник в тайны чисел, как Ферма». А может быть, просто пошутил, желая раззадорить других математиков, что вообще было характерно для этого отшельника из Тулузы.

(17 августа 2001 года исполняется 400 лет со дня рождения Ферма. Он

много сделал и помимо теории чисел — вместе с Р. Декартом заложил основы аналитической геометрии, вместе с Б. Паскалем — основы теории вероятностей, а в физике открыл важный вариационный принцип, согласно которому свет выбирает всегда такой путь между двумя точками, на который затрачивает наименьшее время. Свои научные результаты Ферма не публиковал — они сохранились в его переписке с другими учеными.)

Решения у Ферма не нашли, но его фраза на полях «Арифметики» послужила мощным стимулом для других. В течение нескольких веков этот орешек пытались расколоть как профессионалы (среди них были и крупнейшие математики), так и дилетанты, которых прозвали «ферматистами». В 1908 году за нахождение доказательства установили крупную премию, и это еще подлило масла в огонь (бывало, ферматисты присылали свои рукописи и в редакцию «Химии и жизни»).

Большинство участников этого марафона полагали, что особо сложные конструкции им не потребуются, во всяком случае, используемые средства не должны превосходить те, что были известны в XVII веке. Но, даже привлекая современные методы, удавалось достичь лишь частичных успехов — утверждение доказывали только для ограниченного, хотя и все более широкого класса значений  $N$ ; так, убедились, что теорема верна для всех  $N$  меньших 150 000, затем расширили этот диапазон до нескольких миллионов.

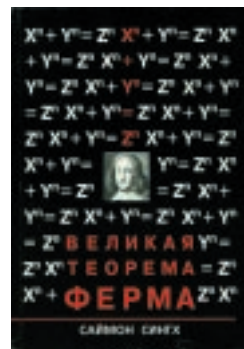
Однако для любого целого  $N$  вопрос оставался открытым. С другой стороны, не нашли и контрпримера, который показал бы ошибочность утверждения Ферма.

Наконец, 23 июня 1993 года мир облетело сообщение, что работающий в Принстонском университете сорокалетний англичанин Эндрю Уайлс построил полное доказательство. На конференции по теории чисел в его родном Кембридже Уайлс в нескольких

Саймон Сингх.

Великая теорема Ферма.

История загадки, которая занимала лучшие умы мира на протяжении 358 лет. Перевод с английского Ю.А. Данилова. М.: МЦНМО, 2000. Тираж 5000 экз



лекциях изложил основные его этапы, после чего группа экспертов приступила к детальному изучению его почти двухсотстраничного трактата. И выявила в нем существенный пробел (см. «Новости науки» в «Химии и жизни», 1993, N 9; 1995, № 1).

Все же после отчаянных усилий Уайлсу с помощью своего бывшего аспиранта и коллеги Р. Тейлора удалось его заполнить, и летом 1995 года работа была опубликована. Лучшие в мире авторитеты подтвердили, что на сей раз цель действительно достигнута.

Однако научное сообщество, в массе своей далекое от теории чисел, было отчасти разочаровано — возникло впечатление, что автор написал что-то необыкновенно длинное и запутанное, в чем могут разобраться лишь считанные специалисты. Вообще, в последнее время много говорят о том, что математика непомерно разрослась и усложнилась, погрузилась в бесплодный формализм, стала превращаться в некую «Вавилонскую башню из слоновой кости». И творение Уайлса как будто лишний раз это подтвердило.

Но вот вышла книга английского научного журналиста (ставшая на Западе бестселлером), который обрисовал все перипетии затяжной осады этой крепости и практически без формул, «на пальцах», разъяснил главные идеи, приведшие к окончательному успеху. И даже непрофессионалам стало ясно, что на самом деле все значительно интересней: в ходе решения проблемы установлены глубокие взаимосвязи между отдельными областями современной математики, можно сказать, что в ней произошел «великий синтез».

Ключевую роль сыграли, как ни странно, исследования так называемых эллиптических кривых, которые задают уравнениями третьей степени:  $y^2 = x^3 + px + q$ . Оказалось, что в этих кривых проявляется удивительное сочетание не только их аналитических и геометрических (если их





КНИГИ

мости между двумя материками математической мысли — эллиптическим кривыми и модулярными формами. Именно здесь, как в фокусе, сошлись многие ветви древней науки — теория функций комплексного переменного, теория групп, неевклидовы геометрии, правильные многогранники (в них искали разгадку мироздания Платон и Кеплер)...

Нужно отметить, что с 1986 по 1993 гг., то есть шесть решающих лет, Уайлс вел свои поиски в полном одиночестве и даже втайне от других — боялся, как бы полученные им промежуточные результаты не позволили кому-то обогнать его на финишной прямой. Его публикации в этот период были таковы, чтобы по ним нельзя было понять общий замысел и цель его работы (о подобных хитростях в мире науки писал и Джим Уотсон в своей «Двойной спирали»).

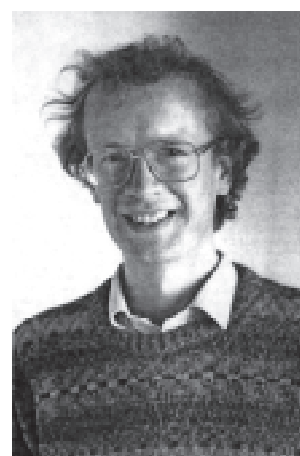
С теоремой Ферма Уайлс познакомился в десятилетнем возрасте, и она запала в душу мальчика. По выражению одного из видных исследователей кубических кривых английского ученого Л.Морделла, «никто не станет настоящим математиком, если в нем не живут Вера, Надежда и Любопытство, и прежде всего — Любопытство». В Уайлсе они присутствовали — тридцать лет он шел к своей цели, и его победа — это верность детской мечте.

Итак, поставленная Ферма проблема официально закрыта. Но ведь никто не утверждает, что ее нельзя решить по-иному, отыскав какие-то оригинальные, неожиданные ходы, которые, быть может, потребуют всего несколько страниц выкладок. И пока такого простого доказательства нет (как нет и разгадки слов Ферма на полях «Арифметики»), увлекательные интеллектуальные приключения вокруг этой проблемы, наверное, не закончатся. Теорема Ферма доказана — да здравствует теорема Ферма!

**Л.Каховский**



*Эндрю Уайлс*



*Пьер де Ферма*

изображать графиками), но и арифметических свойств — когда рассматривают такие уравнения с целыми коэффициентами и ищут их целочисленные решения. Именно поэтому удалось протянуть от них нить к теории чисел и проблеме Ферма.

В 50-е годы в послевоенной, разрушенной Японии два молодых математика Г.Шимура и Ю.Танияма выдвинули одну очень важную гипотезу: все эллиптические кривые обладают определенной характеристикой, называемой модулярностью. Это понятие обобщает свойство периодичности — когда значение функции сохраняется не при простом добавлении к ее аргументу некоторых чисел (периодов), а при более сложном преобразовании аргумента.

В 60-е годы их идею развил один из крупнейших французских математиков А.Вейль, а решающие шаги, соединившие гипотезу Шимуры—Таниямы с теоремой Ферма, были сделаны в 80-е годы. Сначала немец Г.Фрей (основываясь на более ранней статье француза И.Эллегарша) показал, что если теорема Ферма ошибочна, то есть существуют целые числа  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $N$ , для которых  $a^N + b^N = c^N$ , то это равенство сведется к определенной эллиптической кривой. Фрей заподозрил, что такая кривая будет немодулярной, то есть войдет в противоречие с гипотезой японцев. Затем американец К.Рибет превратил эту догадку Фрея в строго обоснованное положение.

Так впервые возникла логическая цепочка, связавшая две дотоле совершенно разные вещи — эллиптические кривые и теорему Ферма. Что же получилось? Если теорема Ферма неверна, то, согласно Фрею и Рибету, получается немодулярная эллиптическая кривая. Значит, гипотеза Шимуры—Таниямы тоже неверна (ведь они настаивали, что все такие кривые модулярны).

Конечно же можно рассуждать и в обратную сторону: если гипотеза Шимуры—Таниямы верна, то исходное допущение Фрея о том, что неверна теорема Ферма, приводит к противоречию. Значит, теорема Ферма верна! Иначе говоря, для полного решения многовековой проблемы достаточно доказать утверждение Шимуры—Таниямы.

Такой, считавшейся неприступной, задачей и занялся вплотную Уайлс. Правда, в общем виде он с ней не справился — только недавно, уже после выхода в свет книги Сингха, эту вершину покорили четыре других математика. Но ему достаточно было ограничиться частным случаем, а именно показать, что кривая Фрея—Рибета модулярна, и он это сделал. А в качестве «бесплатного приложения» получил решение знаменитой проблемы.

Самое замечательное, что гипотеза Шимуры—Таниямы имеет огромное значение и безотносительно к теореме Ферма, поскольку она наводит



# Тридцать лет спустя

**В** начале 70-х я часто ездил по заданиям «Химии и жизни» в Ленинград. Однажды мне сказали, что стоит зайти в Ленинградский технологический институт им. Ленсовета (ЛТИ), где преподавал еще Д.И. Менделеев, и узнать — какие интересные работы там ведутся. Что я и сделал. В дирекции института мне посоветовали посетить кафедру коллоидной химии, где под руководством доктора технических наук И.С. Лаврова занимались созданием так называемых магнитных жидкостей, то есть коллоидных растворов ферромагнетиков, изменяющих свои физические свойства (например, вязкость) под действием магнитного поля. Об этом я и рассказал на страницах «Химии и жизни».

В те годы в печати то и дело обсуждали проблему внедрения оригинальных научных разработок в народное хозяйство. Предприятия не спешили заниматься новшествами, предпочитая работать по старинке, а ученые не умели или не хотели сами добиваться претворения в жизнь своих изобретений, поскольку это требовало не только много сил и времени, но и специфических способностей. Поэтому меня весьма удивило, что на эту публикацию откликнулись многие организации, руководители которых интересовались подробностями и просили дать телефоны кафедры коллоидной химии ЛТИ. Я ответил на все письма, опять съездил в Ленинград и подготовил материал для еще одной статьи о магнитных жидкостях, подчеркнув, что их можно применять в самых разных областях науки и техники. (Насколько мне известно, в конце концов их стало производить одно из отечественных предприятий, но не знаю, сыграли в этом какую-либо роль выступления «Химии и жизни» или нет.)

**В** о время нашей последней встречи профессор Лавров рассказал, что под его руководством в Ленинградском инженерно-строительном институте (ЛИСИ), на кафедре водоснабжения, кандидат технических наук О.В. Смирнов разработал весьма перспективный метод электроочистки воды от коллоидных примесей. Суть метода заключалась в том, что в электрическом поле коллоидные частицы слипаются в крупные агрегаты, которые можно легко отфильтровать. Были спроектированы и установки для электроочистки питьевой воды.

Установка, созданная в ЛИСИ на основании исследований Смирнова, была успешно испытана на ленинградском комбинате «Красная нить», сточные воды которого было крайне трудно очищать от красителей. А с помощью электричества степень очистки удалось довести до 98%, причем метод оказался весьма эффективным и в экономическом отношении. Об этой работе я тоже написал для «Химии и жизни» статью «Электричество чистит воду» (1974, № 1), заметив в конце, что наша промышленность мало интересуется новыми изобретениями. Но на эту публикацию никаких откликов почему-то не последовало, и я о ней забыл.

**В**елико же было мое удивление, когда недавно я получил письмо из Тюмени от какого-то Смирнова. Оказалось, что это тот самый Смирнов, о работе которого я писал в 1974 году! За минувшее время он защитил докторскую диссертацию, стал членом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ) и теперь работает в тюменских вузах, а по его технологическим разработкам

совместно с коллегами научно-производственный экоцентр «Искер» СО РАН и ООО НТЦ «Пром-Эко» предлагают различные установки для электроочистки питьевой воды. Судя по материалам, опубликованным в различных сибирских периодических изданиях, а также рекламных проспектах, эти установки («Аквалон» и «Водолей») по всем параметрам превосходят все отечественные и зарубежные аналоги. Питьевая вода, получаемая с их помощью, избавлена практически от всех вредных органических и неорганических примесей, но в ней сохраняется солевой комплекс чистой природной воды. Более того, такая вода оказалась весьма полезной для здоровья. Электроводоочиститель размером с холодильник включается в розетку сети и автоматически из крана подает чистую воду, а из другого отверстия — извлеченные примеси. Приставка может эти примеси концентрировать.

**С**амое же удивительное было в том, что на судьбу изобретения Смирнова и его собственную судьбу повлияла единственная публикация в «Химии и жизни».

Оказывается, что после нее, еще в Ленинграде, Смирнов стал получать множество запросов на электроочистители воды. Для решения проблем, поставленных в «Химии и жизни», собирались совещания на высоком уровне, о которых мне ничего не сообщали. Но в конце концов, уже в недавнее время, внедрение состоялось и Смирнов переехал ближе к производству и потребителю, в Тюмень.

А в европейской части России об установках, адаптированных к условиям Сибири, до сих пор мало кто знает.

**В. БАТРАКОВ**



# Предлагаем

ЭКОЛОГИЯ

Установки безреагентной очистки питьевой воды

## «АКВАЛОН»

(производительность 200, 500, 1000 и 2000 л/час) — единственные в своем классе предназначены для доочистки водопроводной воды от различных примесей

- просты в эксплуатации
  - долговечны
  - доступны по цене
  - практически полностью очищают от разного вида примесей
  - имеют стабильные характеристики очистки во времени
  - вода в процессе электрообработки полностью обеззараживается
  - ее солевой состав остается неизменным
  - после обработки кислотность воды выравнивается
  - вода становится биологически активной
- себестоимость 1 л воды — 2 коп.

Устройство для электрохимической очистки воды

## ВОДОЛЕЙ

(производительность 50 л/час) — для доочистки водопроводной воды от примесей, растворенных водой при движении по водопроводным трубам

- ликвидирует мутность, запахи, остаточный хлор, хлорорганические соединения, соли тяжелых металлов
- обеззараживает воду
- сохраняет солевой состав воды, удаляет только вредные примеси
- имеет стабильные характеристики очистки во времени
- обеззараживает воду (убирает вирусы, токсины)

**Вода после электрообработки — профилактическое, лечебное, адаптогенное средство**

Установки для электрохимической очистки сточных бытовых вод

### ЭОС

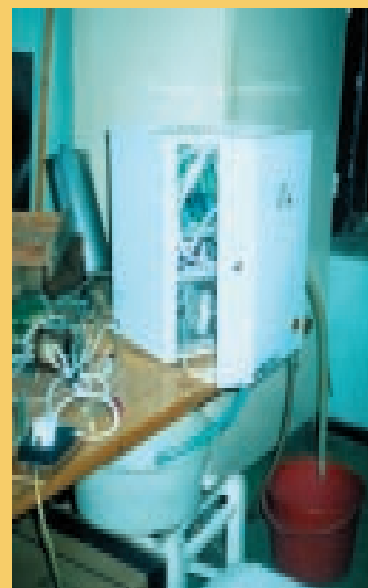
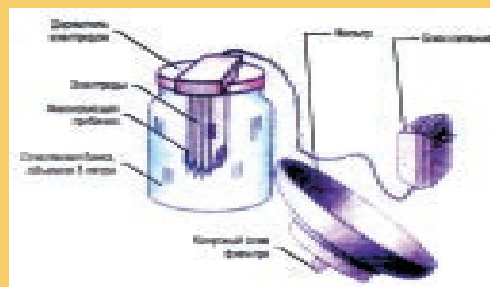
единственные в своем классе (используют метод очистки в электрическом поле — см. статью).

Установки для очистки осадков, отходов и содержимого нефтешламных амбаров

включая плазменные, использующие взвешенный слой

в качестве одного из электродов

а также приборы контроля воды, продуктов, вина, пива и т.д. на наличие различных примесей: свинца, нефтепродуктов, металлов



Телефон  
для связи в Тюмени:  
Смирнов  
Олег Владимирович:  
(8-3452) 390-457,  
факс (8-3452) 401-967

Все установки имеют  
гигиенический сертификат  
и сертификат соответствия



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Всем бы нам такого папу!

Рыбы не столь простые создания, как может показаться на первый взгляд. И в семье у них всякое случается — измены, обманы, интриги... С помощью молекулярно-генетических методов ученые смогли узнать немало интересного об интимной жизни рыбы-луны.

В отличие от птиц и рептилий, у рыб именно самец берет на себя и строительство гнезда, и его охрану. «Он старается сделать гнездо привлекательным для самки, чтобы она выбрала его для метания икры», — говорит Эндрю Де Вуди, руководитель исследований.

Пока самка мечет икру, самец плавает вокруг гнезда и оплодотворяет ее. Икра отложена — и самка снимает с себя всякую ответственность за детей. Она уплывает и иногда находит другое гнездо, с другим самцом, чтобы подарить ему оставшуюся икру. Отец же остается сторожить гнездо, плавает вокруг, помахивая хвостом, чтобы икринки получали больше кислорода, защищает их от хищников и не позволяет себе отлучиться даже на поиски еды.

Но так как питаться ему все-таки надо, то, когда самец совсем проголодается, он съедает несколько икринок из собственного гнезда. Поскольку их — много, а охраняющий самец — один, такой вынужденный каннибализм не наносит ущерба природе. Но ученых заинтересовало, какие именно икринки он съедает: свои или чужие?

Дело в том, что почти в каждом гнезде рыбы-луны есть икринки, оплодотворенные другими самцами. Оказывается, не все самцы рыбы-луны — заботливые и самоотверженные отцы, хотя таких большинство (около 85%). Но есть и паразиты, которые норовят оплодотворить икру в чужом гнезде и таким образом подкинуть свой генетический материал, не затрачивая никаких усилий на выращивание потомства. Подкараулив момент, когда пара рыб обзаводится потомством, они делают стремительный бросок к чужому гнезду, выбрасывают свою сперму и уплывают. Другие самцы прикидываются самками: подплывают к гнезду, делая вид, что хотят отложить в него икру, но вместо икры выбрасывают сперму. Но все эти трюки на проверку оказались не слишком успешными: хотя генетический анализ показал, что почти во всех гнездах «чужих» икринок в среднем всего 1,3%.

Так вот, предположение, что отец-каннибал различает икринки, не подтвердилось. Когда ученые исследовали содержимое глотки самца, там оказались как его собственные, так и чужие (Proc. of National Academy of Science от 16.04.2001).

*Н.Маркина*

## Пишут, что...



...самая глубокая в мире Кольская скважина в настоящее время доведена до отметки 12 262 м («Горный журнал», 2001, № 2, с.4)...

...согласно прогнозам, к 2003 году число пользователей Интернетом в мире достигнет 500 млн. человек («Проблемы теории и практики управления», 2001, № 1, с.86)...

...одна большая интегральная схема процессора Intel Pentium может содержать до десяти миллионов транзисторов («Российский химический журнал», 2000, № 6, с.3)...

...250 нейробиологов письменно выразили сожаление по поводу непризнания Нобелевской премии за 2000 г. австрийскому ученому О.Хорникевичу, внесшему основополагающий вклад в изучение болезни Паркинсона («Science», 2001, т.291, с.569)...

...использование наночастиц в качестве катализаторов позволяет плавно перейти от гетерогенного катализа к гомогенному («Успехи химии», 2001, № 2, с.179)...

...огромные территории сельскохозяйственных угодий России засолены и закислены, заболочены и подтоплены, покрыты камнями и загрязнены техногенными выбросами («Почвоведение», 2001, № 2, с.135)...

...в 1997 г. по сравнению с 1991-м почти на 40% сократилось количество пунктов наблюдения Госгидрометеослужбы («Вестник РАН», 2001, № 3, с.325)...

...выделены 15 штаммов бактерий, которые используют нафталин и более сложные ароматические углеводороды в качестве источника углерода и энергии, то есть служат их деструкторами («Микробиология», 2001, № 1, с.61)...

...если в жидкости есть пузырьки газа, то ее акустические свойства приобретают ярко выраженный нелинейный характер («Акустический журнал», 2001, № 2, с.178)...





...у дрозофилы обнаружен белок, который кодируется не одной, а обеими комплементарными цепями ДНК («Nature», 2001, т.409, с.1001)...

...простейшим устойчивым гидратом протона в воде служит ион ( $H_2O \cdots H \cdots OH_2^+$ ), то есть  $H_5O_2^+$  («Химическая физика», 2001, № 3, с.98)...

...в месяц, предшествующий дню рождения человека, для него на 70% (по сравнению с другими месяцами) увеличивается вероятность смертельного исхода инфаркта миокарда («Вестник РАМН», 2001, № 3, с.22)...

...как показали опросы, большинство американцев считает самой важной проблемой сейчас улучшение образования в стране («Мировая экономика и международные отношения», 2001, № 3, с.91)...

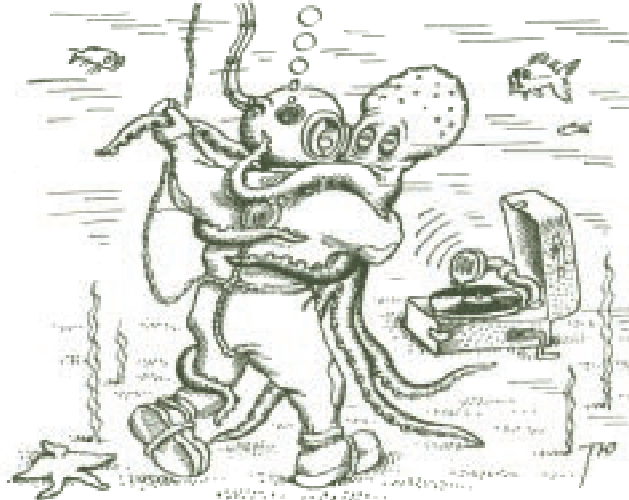
...в США за последние пять—семь лет ежегодный прирост государственных затрат на научные исследования составляет примерно 10% («США и Канада: экономика, политика, культура», 2001, № 2, с.115)...

...математически одаренные школьники отлично или хорошо успевают не только по естественным, но и гуманитарным предметам («Психологический журнал», 2001, № 1, с.57)...

...потребление мороженого в России составляет чуть более двух килограммов на душу населения в год, тогда как во многих европейских странах — в четыре раза больше («Холодильная техника», 2001, № 3, с.3)...

...в июле 2000 г. средняя заработная плата в сфере образования России составляла 1187 руб. (39,6% от средней в промышленности), здравоохранения — 1444 руб. (48,2%), культуры — 1222 руб. (40,8%) («Социологические исследования», 2001, № 4, с.51)...

...возможно, для понимания феномена сознания понадобится более высокий, чем сознательный, уровень развития мозга («Вестник МГУ, серия Психология», 2001, № 1, с.49)...



## Устрицы и стресс

Юные устрицы подвержены стрессу. Не учитывать это, по мнению французских исследователей, — значит, подвергать здоровье людей опасности.

Два основных источника стресса для устриц, разводимых на фермах, — сортировка и транспортировка. Арно Лакост и его коллеги с биологической станции в Роскофе показали, что потрясенные и в прямом, и, видимо, в переносном смысле слова моллюски более подвержены бактериальным инфекциям. В результате они становятся чем-то вроде резервуара болезней животных и людей, вызываемых вибрионами.

Например, бактерия *Vibrio splendidus* приводит к заболеваемости и гибели многих морских обитателей, включая устриц и мидий. Порой она становится причиной потери французскими фермерами более 80% всего «урожая» моллюсков. Другие вибрионы, в том числе — холерный, безвредны для устриц, но очень опасны для людей.

Для проверки своей гипотезы ученые поместили устриц во вращающийся барабан, имитирующий процесс сортировки, который на фермах проводят каждые два месяца. Затем у подопытных измерили уровень норадреналина — гормона стресса. Он оказался очень высоким, как и последовавшая за процедурой смертность. Моллюски, избежавшие встряски, которым затем искусственно ввели норадреналин, также продемонстрировали меньшую сопротивляемость воздействию *Vibrio splendidus* (по сообщению «Nature News Service» от 11.05.2001).

Коллеги Лакоста из других стран, занимающиеся иммунологией моллюсков, говорят, что связь между стрессом, гормоном стресса и болезнью установлена впервые. Но прежде чем делать какие-то общие выводы, следует обосновать биологическую связь между выработкой гормона стресса у моллюсков и их иммунной системой, считают они. Группа Лакоста не пыталась найти молекулы, связывающие гормональную и иммунную системы. Именно это позволило бы быстро и безошибочно выявлять особи с ослабленным иммунитетом. До появления публикации Лакоста и его сотрудников все потери моллюсков, связанные с болезнями, «списывали» на климатические факторы: повышение температуры воды или загрязнение окружающей среды. Доказательства того, что перевозка и особенно сортировка становятся причиной стресса, а следовательно и заболеваний моллюсков, должны изменить поведение фермеров по отношению к своим подопечным, считает председатель Европейского общества водного хозяйства Алистер Лэйн.



**А.Н.САЯПИНОЙ**, Курск: *Рисунки на маечках, модных в этом сезоне, в виде светлых зубчатых полос на цветном фоне делаются не химическим, а физическим способом: ткань перед окрашиванием прошивают ниткой по контуру будущего рисунка и стягивают либо туго перевязывают; горячий и холодный батик здесь ни при чем.*

**А.М.ЕМЕЛЬЯНОВУ**, Москва: *Единственное практическое применение тополиному пуху, которое нам удалось отыскать, — в традиционном гончарном ремесле Таджикистана, где пух добавляют в глину, чтобы изделия были легче и прочнее.*

**В.А.РЫБАКУ**, Феодосия: *Акация белая и акация желтая — не очень близкие родственники и даже не соседи; белая акация происходит из Северной Америки, а желтая — из Сибири и Монголии; но вообще-то оба эти растения из семейства мотыльковых никакого отношения к акациям не имеют, а настоящая акация — это мимоза.*

**Т.К.КОТУНОВОЙ**, Рязань: *Ритмическая гимнастика (она же эвристическая, или гимнастика по Жану Далькрозу) в России существовала по крайней мере с начала XX века, почти в том же виде, в каком мы снова познакомились с ней в 80-е; главное отличие — состязания на выносливость, кто дольше протанцует, старая школа отрицала категорически.*

**С.Н.ИВАНОВУ**, Санкт-Петербург: *Куриная косточка, которой полагаются полировать деревянные изделия, — это действительно куриная косточка в самом прямом, а не в переносном смысле; полировать, конечно, следует только очищенную древесину.*

**Л.Г.ЧУГУНОВОЙ**, Тверь: *В начале своей истории кока-кола, действительно, содержала кокаин; в этот прохладительный напиток добавляли экстракты орешков африканского вечнозеленого дерева колы (видов *Cola nitida*, *Cola acuminata* и других) и листьев южноамериканского кустарника коки (*Erythroxylon coca*) — основного источника кокаина; однако сейчас от кокаина в кока-коле осталось только название.*

**ЧЕЛОВЕКУ ПО ИМЕНИ RICK:** *Статьи о «химическом составе органов» мы публикуем постоянно, однако полную информацию по этому вопросу вы можете получить только в библиотеке, например в трехтомнике Ленинджера «Биохимия».*

**ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ:** *Редакция решила выпустить сдвоенный номер в связи с тем, что большинство сотрудников летом уходит в отпуск; чтобы компенсировать подписчикам недостаток интересного чтения, мы увеличим объем декабрьского номера.*



## Тополя на топливо

*Российские ученые создали технологию переработки отходов лесной промышленности и сельского хозяйства в жидкое топливо. Если быстро нагревать биомассу без доступа воздуха, то 60–70% ее можно превратить в полноценное горючее. Первая установка будет пущена в Архангельской области к концу этого года.*

В России огромные запасы угля, нефти и газа, но уже сейчас такое нетрадиционное для энергетики сырье, как биомасса, составляет в нашей стране 4%, и эта доля, видимо, будет расти. Биомассу, то есть органические отходы лесного и сельского хозяйства, быстрорастущие сорта деревьев, относят к возобновляемым источникам энергии. Их запасы восстанавливаются быстро, в отличие от полезных ископаемых. Поэтому в России, как и во всем мире, уже давно разрабатывают технологии переработки биомассы для энергетики. В конце мая этого года на семинаре «Российские технологии для индустрии» директор ВНИИЭСХ профессор Дмитрий Стребков рассказал о новой установке, которая превращает 60–70% биомассы в полноценное жидкое топливо.



В установке применили метод быстрого пиролиза биомассы без доступа воздуха, созданный недавно профессором Э.Ф.Вайнштейном из Института биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН. Сначала сырье, в котором обычно много влаги, мгновенно нагревают до 250 градусов. Выделяемый при этом пар можно использовать для обогрева помещения или других технических нужд. Обезвоженную массу вновь очень быстро нагревают до 600–700 градусов, крупные молекулы органических веществ разрушаются, а продукты распада переходят в газообразное состояние. Затем газ охлаждают, он сжижается и образует горючую жидкость. При таком методе остается очень мало отходов: немного древесного угля и газа, который нельзя перевести в жидкость. Но и эти компоненты могут пригодиться в хозяйстве. За рубежом есть похожие технологии получения горючего из биомассы, но в них не найден способ отделить влагу от получившегося топлива, поэтому энергии на его сжигание потребуется больше.

Вся установка, которую сконструировали во ВНИИЭСХ, занимает 30 кв. м. и весит 600 кг, обслуживать ее может один человек. В сутки она вырабатывают тонну жидкого топлива, готового к использованию в машинах. А энергии потребляет всего 5% от того количества, что вырабатывает.

Технология переработки биомассы лучше всего подходит для северных регионов, где пока нет проблем с древесными отходами. Но конечно, изводить леса на топливо, по меньшей мере, неразумно. Поэтому на тот случай, если возникнет дефицит с отходами деревообработки, ученые предлагают выращивать энергетическое сырье — быстрорастущие сорта тополя и ивы. Если около фермы посадить такой лес, то уже через год деревья подрастут на три метра. Их срубают комбайном, измельчают и отправляют в установку для переработки, из которой выходит уже жидкое топливо. С одного гектара такой плантации можно собрать 40 тонн древесины.

«В России электростанции, работающие на биомассе, могут произвести больше электроэнергии, чем все нефтяные запасы Республики Коми или все атомные станции», — отмечает Дмитрий Семенович Стребков. Вот почему эту установку с нетерпением ждут в Архангельской области, где она должна быть пущена к концу этого года.



## Солнце вращает турбину вертолета

*Радиофизики строят в горах Армении концентратор солнечной энергии с большим сферическим зеркалом. Он будет вырабатывать электричество в промышленных масштабах.*

Горы Армении просто созданы для электростанций, работающих на солнечной энергии. Ученые из НИИ радиофизики (Ереван) выбрали для строительства установки полигон на горе Арагац в 40 км к западу от Еревана, расположенный на 1750 метров выше уровня моря. Южное горное солнце — хороший источник дешевой энергии: летом оно поднимается на 73 градуса над горизонтом, а слой атмосферы, поглощающей радиацию, в горах тоньше.

Новая электростанция АРЕВ (армянски — солнце) представляет собой большое сферическое зеркало из стекла, установленное на подпорах на склоне горы. Чтобы зеркало улавливало свет круглый год, его наклонили на 40 градусов к горизонту. Солнечные лучи падают на вогнутое стекло, отражаются от его стенок и фокусируются на малом круге внут-

ри сферы. Область максимального нагрева, где температура превышает 800 градусов Цельсия, перемещается по этому кругу вслед за солнцем. И вместе с этим горячим пятном по зеркалу перемещается специальный теплообменник, отбирающий собранное тепло. Он представляет собой колокол диаметром 3 метра с двойными стенками, куда компрессор нагнетает воздух. Воздух, нагреваясь в колоколе, расширяется и вращает лопасти турбины, которая связана с электрогенератором. Кстати, в этом проекте ученые используют турбину от вертолета, но не новую, а отработавшую свой ресурс в воздухе. Вся эта механическая конструкция, смонтированная на башне, управляется автоматически с помощью фотодатчика. Такая электростанция мощностью до 100 киловатт вырабатывает недорогую электроэнергию — 0,5 цента за киловатт-час. Ее КПД — 40–50%. Летом АРЕВ будет работать 10 часов в сутки, а зимой — 8 часов.

«Электростанция АРЕВ-100 — первый опытный образец малой мощности, диаметр ее сферического зеркала — 36 метров. Следующая наша установка с 75-метровым зеркалом будет гораздо мощнее, на 1,5 мегаватта», — рассказывает конструктор АРЕВа Парис Геруни.

**Е.Краснова**



11-я международная  
выставка



10 – 14 сентября 2001 г.

# ХИМИЯ

Россия, Москва,  
Выставочный комплекс  
ЗАО «Экспоцентр»  
на Красной Пресне

# '2001

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

Официальная поддержка:

- Министерство промышленности, науки и технологий РФ,
- Министерство экономического развития и торговли РФ,
- Правительство Москвы,
- ЗАО «Росхимнефть»
- Российский союз химиков

 ЭКСПОЦЕНТР