



XXI

11  
2005  
ФНЭИЖ ИРИИИИХ







11

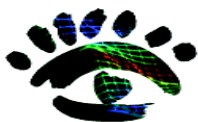
Химия и жизнь—XXI век

2005

Ежемесячный  
научно-популярный  
журнал

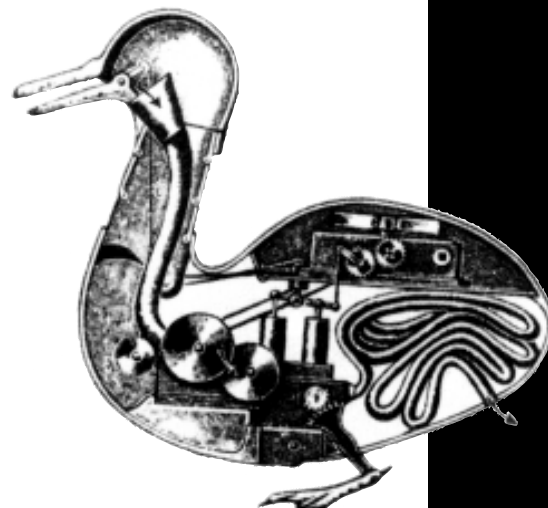
*Выбросить бы все  
из головы, да жаль  
окружающей среды.*

*Г.Малкин*



*НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А.Кукушкина  
к статье «Развитие организмов:  
современные метафоры»*

*НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ — картина  
Альберто Савиньи «Семья». Каждая земная тварь  
рождается, растет, создает семью и надеется  
на лучшее. Об этом читайте в статье  
А.Ермакова «Нужны ли нам «права животных?»*





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

**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

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

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

**Верстка**  
М. Д. Баженова

**Производство**  
Т. М. Макарова

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

Подписано в печать 29.10.2005  
Допечатный процесс ООО «Марк Принт  
энд Паблишер», тел.: (095) 136-37-47  
Типография ООО «Офсет Принт М»

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

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

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

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

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

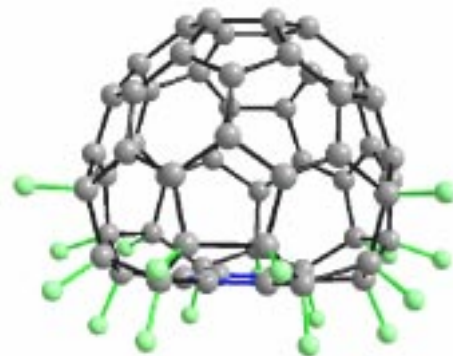
© Издательство  
научно-популярной литературы  
«Химия и жизнь»



**20**

Каждый раз,  
когда человек  
устраивает  
мусорную свалку,  
он тем самым  
запускает  
биореактор.

**Химия и жизнь — XXI век**



**34**

При первом взгляде  
на фуллерены кажется, что понять хитросплетения  
реакций, в которые они вступают, невозможно.

**ИНФОРМНАУКА**

ИЗМЕРЯЕМ ТЕМПЕРАТУРУ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ .....	4
ПАШНЯ И МЕТАН .....	4
МКС ПЛЕСНЕВЕЕТ .....	5
ДАТЧИКИ ВОДОРОДА .....	5
ИЗЖОГА, ОСЛОЖНЕННАЯ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ .....	6
О ВРЕДЕ КУРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЫШЕЙ .....	7

**РАЗМЫШЛЕНИЯ**

<b>М. Г. Савин</b>	
ЛЕЧУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ. УСЛУГИ ПЛАТНЫЕ .....	8

**РАЗМЫШЛЕНИЯ**

<b>А. С. Ермаков</b>	
НУЖНЫ ЛИ НАМ «ПРАВА ЖИВОТНЫХ»? .....	16

**ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА**

<b>А. С. Саввичев, И. Ю. Новицкий</b>	
БИОРЕАКТОР НА МЕСТЕ СВАЛКИ .....	20

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

<b>П. Данилов</b>	
МЯСО МИЛОСЕРДИЯ .....	24

**ГИПОТЕЗЫ**

<b>А. С. Садовский</b>	
РАЗУМНЫЕ ПОТОМКИ ПАДАЛЬЩИКОВ И ЛЮДОЕДОВ .....	26

**ФОТОИНФОРМАЦИЯ**

<b>С. Алексеев</b>	
КРУТИТСЯ-ВЕРТИТСЯ ШАР ГОЛУБОЙ .....	32

**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ**

<b>П. А. Трошин</b>	
ПАСЬЯНС ФУЛЛЕРЕНОВОГО ПАУКА .....	34
ФУЛЛЕРЕНОВЫЕ ЧУДЕСА .....	37



38

Почему эти кристаллы так похожи на растения?



61

Одна из самых романтических страниц в истории российской географии — поиски Земли Санникова.

## В номере

4

### ИНФОРМАУКА

Как измерить температуру дна Северного Ледовитого океана, что за плесень завелась на МКС, как обнаружить утечку водорода в топливном элементе и бактерию в донорской крови, и какая связь между изжогой и бронхиальной астмой.

8

### ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Предотвратить землетрясение или хотя бы ослабить его разрушительную мощь — подобные проекты до недавнего времени проходили по ведомству научной фантастики. Но кажется, ученые все же нащупали решение.

16

### РАЗМЫШЛЕНИЯ

В первую неделю моей работы в Великобритании я заметил, что как только на улице или в автобусе начинаешь говорить с коллегами о биологии, они умолкают и показывают жестами, что я должен быть осторожнее...

26

### ГИПОТЕЗЫ

Многие специалисты по эволюции человека соглашаются с тем, что важную роль в формировании человека разумного как вида сыграл переход к белковой пище. Но остается открытым вопрос, чье это было мясо.

#### ВЕЩИ И ВЕЩЕСТВА

**Б.З.Кантор**

«ВИДОМ КАК ДЕРЕВЦЕ» ..... 38

#### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

**Ю.Супруненко, П.Супруненко**

ВЕЛИКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА ПЮИ-ДЕ-ДОМ ..... 42

#### РАДОСТИ ЖИЗНИ

**М.Гольд्रेер**

СОРОГА, БАЛЫК И ДРУГИЕ ..... 46

#### АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

**Э.Коэн**

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТАФОРЫ ..... 52

#### ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

**С.М.Комаров**

ПРЕМИЯ ДЕКАРТА ..... 56

#### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

**Н.В.Вехов**

А ВСЕ-ТАКИ ОНА СУЩЕСТВОВАЛА! ..... 60

#### ФАНТАСТИКА

**Д.Поляшенко**

ЖЕМЧУЖИНА КОЛЛЕКЦИИ ..... 66

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ 14

ИНФОРМАЦИЯ 30, 31

ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ 48

РАЗНЫЕ РАЗНОСТИ 58

КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ 70

ПИШУТ, ЧТО... 70

ПЕРЕПИСКА 72

# ИнформНаука

## ОКЕАНОЛОГИЯ

### Измеряем температуру вечной мерзлоты

*Если растает вечная мерзлота, то в атмосферу попадет огромное количество метана, который пока надежно спрятан в ледяных клетках в земле (так называемые газовые гидраты). Из-за этого климат станет еще теплее. Поэтому Арктике надо регулярно мерить температуру. Специалисты Тихоокеанского океанологического института им. В.И.Ильичева ДВО РАН в сотрудничестве с Международным арктическим научным центром Университета Аляски (IARC/UAF) определяют температуру грунта на дне арктических морей с помощью высокочастотной эхолокации. Метод может быть полезен для исследования вечной мерзлоты на шельфе Арктики. Он основан на том, что промерзший грунт отражает и поглощает звук иначе, нежели теплый.*

Криосфера Арктики очень чувствительна к изменению климата. Ее вечная мерзлота содержит огромные запасы углерода в виде растворенного метана — до 32 000 гигатонн. Глобальное потепление может привести к таянию вечной мерзлоты и освобождению метана. Выброс парникового газа в атмосферу вызовет дальнейший рост температуры и, в свою очередь, ускорит таяние мерзлоты. На Крайнем Севере промерзла не только суша, но и морское дно на небольших глубинах. Поэтому наблюдения за изменяющимся термическим режимом мелководного шельфа Арктики и предполагаемым распределением подводной мерзлоты имеют большое научно-практическое значение.

Но сейчас исследования в этой области ограничены. Температуру подводной мерзлоты измеряют от случая к случаю, поскольку регулярно втыкать температурные датчики в дно на стометровой глубине очень хлопотно. В промежутках между измерениями температуру грунта считают равной тем-

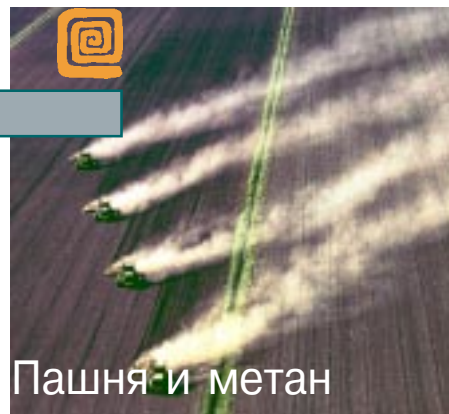


пературе придонных вод, но это не всегда соответствует истине. Определять состояние вечной мерзлоты дистанционно, с помощью акустической эхолокации, гораздо проще и эффективнее.

Ученые впервые отрабатывали данный метод в трансарктическом рейсе «Николай Коломейцев» в 2000 году. В пятидесяти семи точках Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых исследователи измерили температуру верхнего слоя донных осадков с помощью датчиков. Зонд с датчиками входил в грунт примерно на метр. Одновременно проводили акустические наблюдения с использованием эхолотов на частотах 50 и 2000 Гц. Спустя несколько лет акустические наблюдения повторили в совместной экспедиции с американскими исследователями.

Поскольку скорость звука в осадках неизвестна, в качестве меры расстояния исследователи использовали время распространения сигнала. Если придонные осадки имеют температуру выше нуля, звук проникает неглубоко и возвращается не позже 2 мс, но при отрицательной температуре максимальная глубина его проникновения на порядок больше. Если же изначально однородный грунт на какой-то глубине промерз, то на границе заморозки скорость звука резко меняется, что и регистрируют приборы. Кроме того, промерзший грунт почти не поглощает звук, и это также усиливает ответный сигнал.

В настоящее время среднегодовая температура верхней границы вечной мерзлоты на шельфе Арктики составляет от 0 до  $-2^{\circ}\text{C}$ , в то время как в последний ледниковый период, когда главная часть современного Арктического шельфа находилась на суше, ее температура была около  $-15^{\circ}\text{C}$ . С тех пор уровень Мирового океана поднялся примерно на 100 м. Эта водная толща должна надежно законсервировать метан вечной мерзлоты. Однако произошедшее за это время потепление, примерно на  $15^{\circ}$  — весьма значимый фактор, который способен освободить замороженные парниковые газы. Поэтому за подводной вечной мерзлотой надо постоянно наблюдать, и ученые надеются, что метод высокочастотной акустической эхолокации будет весьма полезен в этом деле.



### Пашня и метан

*Если продолжить разговор о глобальном потеплении и метане, то надо сказать, что, распахивая новые земли, мы способствуем глобальному потеплению. Об этом предупреждают российские ученые из Института микробиологии им. С.Н.Виноградского РАН и Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Луизиана), а также исследователи из университетов Жироны и Гента, работу которых поддерживают ИНТАС, РФФИ и программа «Научные школы».*

Метан — второй по значению парниковый газ после углекислого. Атмосферный метан разрушают только почвенные бактерии, никакие другие живые существа на планете этого сделать не могут. За последние 150 лет концентрация метана в атмосфере возросла в 2,5 раза, чему способствует в том числе и распашка лесных земель.

Почвы окисляют атмосферный метан и тем самым вызывают глобальные изменения. Как установили ученые Института микробиологии им. С.Н.Виноградского РАН и Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН совместно с исследователями университетов Жироны (Испания) и Гента (Бельгия), при распашке лесная почва так сильно меняет свои биологические и физико-химические свойства, что практически перестает окислять атмосферный метан. Исследователи и раньше обращали внимание на почвенное окисление метана, но теперь ученые впервые экспериментально установили, какие именно факторы влияют на интенсивность этого процесса.

Исследователи работали на опытно-полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почвоведения с серой лесной почвой, взятой на неиспользуемом участке «Лес» и обрабатываемом участке «Пашня». Образ-



цы почв с разных участков помещали во флаконы. Концентрация метана в газовой фазе флаконов была такой же, как в атмосфере. Через 8–12 часов в пробирке с лесной почвой содержание метана понизилось более чем в десять раз, а во флаконе с агроценозными почвами — практически не изменилось даже за 72 часа. Когда ученые добавляли во флаконы ацетилен, который ингибирует микробную активность, окисление метана полностью прекращалось, следовательно, именно бактерии ответственны за утилизацию метана в почве. А бактериям нужны соответствующие условия: определенная кислотность почвы, минеральные вещества и, конечно, метан. Не во всякой почве условия подходящие.

Оказалось, что со временем пахотная почва необратимо меняется. Во-первых, длительная обработка, в том числе химическая, влияет на ее состав. В почве стало почти в два раза меньше органического углерода и в полтора раза меньше азота. Реакция среды из слабокислой стала нейтральной. Запасы микробной биомассы тоже уменьшились. Следствием стало как снижение запасов микробного углерода и азота, так и уменьшение общего количества бактерий. Численность бактерий, окисляющих метан, в лесной почве примерно в десять раз выше, чем в пахотной, а их видовой состав иной. Основной окислитель атмосферного метана, бактерия *Methylocystis parvus*, составляет в пахотной земле не более 6% от общего числа метанотрофов.

Интенсивность окисления метана в почве зависит, в частности, от того, насколько свободно газ может туда попасть. При распахке земля становится более плотной и соответственно менее пористой, чем лесная почва. Сами почвенные поры на пашне гораздо мельче, чем в лесу. В них застаивается вода и плохо циркулируют газы. Метан просто не попадает в землю.

## МИКРОБИОЛОГИЯ

### МКС плесневеет

*Настоящие микробные джунгли выросли на станции «Мир» за годы ее эксплуатации. Российский сегмент МКС тоже оказался благоприятной средой для микрофлоры. При ближайшем рассмотрении выяснилось, что оборудование космической станции заселили около 20 видов бактерий и грибов, которые не только приспособились к постоянной жизни среди пластика и металла, но и стали активно разрушать*

*их в тех местах, где микрофлору не тревожат. Некоторые организмы представляют опасность для космонавтов и сложной техники (zagust@inbi.ras.ru).*

Сотрудники Биофака и Факультета почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова и специалисты из Института биохимии РАН разработали специальный пробоотборник для сбора микрофлоры на космической станции. Они несколько раз отправляли свой прибор на «Мир», а затем и на МКС, где космонавты брали пробы с разных поверхностей перед завершением экспедиций и стартом на Землю. Через два часа после приземления биологи высевали образцы на питательные среды, а затем исследовали, что выросло.

А выросли в чашках Петри грибы и микробы, которые серьезно повреждают аппаратуру. Биологи поселили бактерий и грибы на синтетические материалы, на которых обычно ничего не растет. Под микроскопом они обнаружили, что своими выделениями, содержащими органические кислоты и ферменты, колонии грибов за месяц в состоянии «перегрызть» полиэтиленерефталатное волокно, а за три месяца — изъесть алюминиево-магниевый сплав. Кусочки полимерных тканей, доставленные на Землю с «Мира», ученые тоже исследовали в электронном микроскопе и увидели ужасные разрушения. Среди бактерий особенно прославились своими извращенными вкусами родококки.

В образцах со станции «Мир» удалось определить двенадцать видов грибов и по четыре вида дрожжей и бактерий, а всего там нашли 68 популяций грибов и 26 популяций других организмов. Такие виды условно называют технофильными, то есть приспособленными к жизни в отрыве от природной среды на искусственных материалах. Пенициллы, аспергиллы и кладоспорициумы — грибы, относящиеся к этим родам, вызывают все известные виды микозов и образуют, в зависимости от субстрата, токсины или антибиотики. Микрофлора МКС отличается от микрофлоры «Мира», однако, несмотря на разницу в возрасте аппаратов, число видов на станциях примерно одно и то же. На МКС их насчитали уже восемнадцать, а на «Мире» было чуть больше двадцати. Целая группа пенициллов впервые поселилась в космосе на МКС, и год от года новая станция обрастает все гуще и гуще. Что касается бактерий, то на орбитальных станциях, как правило, одновременно попадалось три-четыре вида родококков, бацилл и микрококков, однако в 2003 году на МКС биологи

обнаружили целых девять видов — настоящая вспышка биоразнообразия!

Организмы, которые прижились в отсеках орбитальных комплексов, на Земле обитают преимущественно в почве, где занимают ключевые позиции в микробиоценозах. Часть из них используют в биотехнологии. Сообщества микроорганизмов на орбитальных комплексах — это не только интересный объект для экологов, но и угроза электронной технике в очень длительных экспедициях, начало которых не за горами. На основе штаммов с «Мира» и МКС ученые создали живую коллекцию. Биологи рекомендуют давать попробовать «на зуб» своим новым подопечным материалы, из которых конструируют приборы для космических кораблей, чтобы убедиться в их устойчивости к биоповреждениям.

## ТЕХНОЛОГИИ

### Датчики водорода

*Ученые из Сарова (РФЯЦ-ВНИИЭФ) получили патент на уникальный низкотемпературный датчик водорода. Для использования в разных условиях они разработали восемь типов таких датчиков при поддержке МНТЦ (gusev@hydrogen.ru).*

Рано или поздно запасы полезных ископаемых на планете истощатся. Водородная энергетика — один из наиболее перспективных вариантов альтернативной энергетики. Водород может заменить обычное топливо для транспорта и при производстве тепловой и электрической энергии. Причем, с одной стороны, водород можно сжигать, получая тепловую энергию и обычную воду в виде отходов. С другой стороны, для получения электрической энергии водород можно использовать как одно из окисляющихся веществ в электрохимической ячейке. При этом химическая энергия реакции окисления воды напрямую преобразуется в электрическую энергию без тепловых потерь. Но при развитии водородной энергетики нужно в первую очередь думать о ее безопасности.

Что произойдет, если из бака автомобиля внезапно прольется жидкий водород и образуется лужа площадью один квадратный метр? «Я проводил такие расчеты. Произойдет взрыв, мощность которого равна сорока килограммам тротила. Это маленькая бомба», — рассказывает Александр Гусев, научный руководитель проекта. «Конечно, не все так страшно», — добавляет ученый. Для бес-

печения безопасности создают высокопрочные баки с демпфером, которые выдерживают механическую нагрузку при авариях. Машина, сброшенная с девятого этажа, развалится, а бак будет прыгать, целый и невредимый. В таких баках водород может храниться в жидком или газообразном состоянии. Но чтобы точно знать, что происходит с водородом в баках, нужны водородные датчики. В ракетостроении, которое переходит к топливу на чистом водороде, без таких датчиков вообще не обойтись.

«Наша работа по созданию датчиков началась в 1994 году на Байконуре, когда мы вели испытания ракетноносителя «Энергия-Буран». Во время штатной заправки водородом при прожиге ракетных двигателей мы столкнулись



с опасной ситуацией. С помощью видеокамеры обнаружили течь водорода, а стандартные трубопроводы не рассчитаны на утечку и не оснащены специальными датчиками. К счастью, текущая труба проходила через помещение, в котором находился газоанализатор, поэтому нам удалось предотвратить аварию. При утечке водород накапливается и, достигнув опасной концентрации около 3,7% по объему, взаимодействует с кислородом. Эта горючая смесь взрывается. Поскольку трубопроводы перекачивают большое количество жидкого водорода, мог бы произойти взрыв с непредсказуемыми последствиями», — рассказывает А.Гусев. Именно тогда ученый предложил разработать средство для наилучшего отслеживания водородных утечек.

Вакуумные датчики, которые контролируют утечку или разгерметизацию трубопровода, не годятся для объективной оценки повреждений в водородной трубе. Трубопровод для водорода состоит из внутреннего и наружного кожуха, между которыми размещены теплоизоляционные слои. В первую очередь важно знать, не произошла ли разгерметизация внутренней трубы, а вакуумные датчики не способны определить источник. Нужны именно водородные датчики, однако не обычные, а низкотемпературные. Чтобы локализовать утечку наиболее точно, датчики водорода надо размещать как можно ближе к криогенной трубе. А это означает, что они должны работать при экстремально низких температурах. Температура жидкого во-

дорода, а значит, и криогенной трубы — 253°С, а теплых слоев — 0°С.

«Мы ставили перед собой задачу разработать датчик, который мог бы максимально приблизиться к криогенной трубе. То есть такой, чтобы он работал до температуры –196°С. По меньшей мере датчик должен выдерживать –70°: такие температуры могут быть у нас на севере. Задача очень непростая: многие фирмы вообще не дают гарантии на работу датчиков при отрицательной температуре. Да и в мировой практике нет водородных датчиков, которые нормально бы работали при температуре ниже нуля. Поэтому наш проект особый», — подчеркнул А.Гусев.

В рамках проекта Международного научно-технического Центра (МНТЦ) ученые получили патент на пионерскую разработку по созданию уникального низкотемпературного датчика, который отслеживает утечку водорода и определяет его объемную концентрацию.

После начального этапа на Байконуре основная работа закипела в Сарове (РФЯЦ-ВНИИЭФ) в 2000 году. Через МНТЦ ученые получили финансирование от партнеров из США. Проект поддерживают профессор Университета Майами Визир Оглы, президент Международной ассоциации по водородной энергетике, и профессор Майкл Хэмптон из Университета Центральной Флориды.

За время действия проекта ученые разработали и подвергли конкурсному отбору датчики с разными рабочими веществами для различных условий. Датчики разрабатывали и испытывали несколько научных групп — из Института физхимии РАН в Черноголовке, из Санкт-Петербургского государственного университета, Военно-космической академии имени Можайского, Воронежского государственного технического университета и РФЯЦ-ВНИИЭФ в Сарове.

В настоящее время ученые из Сарова проводят испытания термохимического датчика размером с горошину. Его прощаемый для водорода корпус выполнен из пористой, особо тонкой нержавеющей стали. Корпус оснащен термохимическим сенсорным веществом на основе диоксида марганца палладированного — способы его получения составляют ноу-хау. Это вещество взаимодействует с водородом с выделением тепла, поэтому датчик и называют термохимическим. Этот датчик — один из самых эффективных, именно он был аттестован

в Академии имени Можайского и рекомендован к внедрению для безопасной работы с водородом при космических стартах.

Датчик резистивного типа состоит из ситалловой подложки, на которую напылены слои различных оксидов металлов, иногда промотированные различными катализаторами. Для регистрации электрического отклика служат специальные приборы.

Следующий тип датчиков создан на основе специально разработанных углеродных наноструктур в качестве сенсорного вещества. Они активно взаимодействуют с водородом и при этом заметно изменяют свою электропроводность.

В настоящее время ведется работа и над акустическим датчиком, который фиксирует изменения скорости звука в газовой среде. Известно, что скорость звука в водороде в четыре раза больше, чем в воздухе.

Водород широко применяют не только в энергетике, но в химической и даже кондитерской промышленности. Для обеспечения его безопасного хранения и транспортировки без датчиков не обойтись. Ими должны быть оснащены все трубопроводы и емкости. Очень важно, чтобы Россия заняла в этом производстве свою нишу.

По замыслу ученых датчики будущего должны включать в себя несколько разных элементов, чтобы работать в самых разных условиях, в широком диапазоне температур и давлений. Сейчас готовится проект безопасной конструкции газородного бака.

## физиология

### Изжога, осложненная бронхиальной астмой



*Издавна медики знали, что лечить надо не болезнь, а больного. Но этот принцип они сами же и нарушают. Две болезни, вызванные общей причиной, зачастую лечат независимо. Как выяснилось, прежде чем начать лечить больного от бронхиальной астмы, необходимо проверить его пищеварительную систему.*

Специалисты МОНКИ им. М.Ф.Владимирского, опираясь на собственный опыт и данные зарубежных исследователей, утверждают, что болезни дыхательной системы и пищевода часто





встречаются у одного человека, усугубляя течение друг друга и иногда даже имеют общую природу.

Речь идет о взаимоотношениях недугов органов дыхания, прежде всего бронхиальной астмы, и гастроэзофагеальной рефлюксной болезни, для краткости ГЭРБ. Рефлюкс — это возврат содержимого желудка обратно в пищевод. Сначала пациентов беспокоят изжога и отрыжка, потом воспаляется слизистая оболочка пищевода, на ней возникают эрозии и язвы. В России разными формами этого недуга страдают 40–60% населения, в США — 44%. Зачастую рефлюксная болезнь затрагивает и другие системы органов. Тогда пациенты начинают страдать от ночного кашля, астмы, поражения ротовой полости или загрудных болей. Эти симптомы ни больной, ни врач не связывают с ГЭРБ, а лечат как самостоятельное заболевание. И такая ошибка простительна. Часто астматики не жалуются на пищеварение и не чувствуют изжоги, но измерения рН в желудке и пищеводе, проводимые в течение суток, показывают, что рефлюкс имеет место.

Однако у многих больные бронхиальной астмой наблюдаются классические симптомы ГЭРБ: изжога, отрыжка, боли в подложечной области и за грудиной, возникающие во время или после еды. Исследования, проведенные зарубежными исследователями, показали, что люди, страдающие болезнями пищевода, рискуют заболеть бронхиальной астмой или хронической обструктивной болезнью легких в два раза чаще, чем представители контрольной группы. При обследовании 199 астматиков у 164 обнаружили симптомы рефлюксной болезни, причем приступы кашля совпадали с рефлюксом. По разным данным, этим недугом страдают от 33 до 90% астматиков, причем у 25–30% он протекает бессимптомно.

Бронхиальную астму при рефлюксной болезни вызывает либо раздражение рецепторов пищевода, либо спазм бронхов в ответ на выброс содержимого желудка в дыхательное горло. Однако, напоминают специалисты МОНИКИ, бронхиальная астма — болезнь сложная, многопричинная. Даже если связь между отрыжкой и приступами удушья, вызванные рефлюксом, можно трактовать как псевдоастматический синдром, а не как бронхиальную астму. В этом случае симптомы пол-

ностью проходят при лечении рефлюксной болезни.

Вообще, вопрос о том, что и как лечить при таком сочетании недугов, довольно сложен. Некоторые препараты (например, принимаемые через рот теофиллины), традиционно назначаемые астматикам, расслабляют мышечный сфинктер между желудком и пищеводом и тем самым усугубляют рефлюкс. Клиническая практика показывает, что при астме, осложненной ГЭРБ, от этих лекарств лучше отказаться.

Короче говоря, взаимосвязь ГЭРБ и патологии дыхательных путей — вопрос сложный, но чрезвычайно актуальный, и московские специалисты призывают усиленно его исследовать.

## ИММУНОЛОГИЯ

### О вреде курения на примере мышей

*Беременным мышам следует воздержаться от курения, ибо это пагубно скажется на их потомстве. Людей это тоже касается. Борьбу с курением поддерживают РФФИ и Фонд содействия отечественной медицине президиума РАН (irorf@mail.ru).*

У курящих матерей рождаются дети с ослабленным иммунитетом. Специалисты новосибирского ГУ НИИ клинической иммунологии СО РАМН установили, что это происходит из-за вызванного никотином нарушения эмбрионального развития кроветворной системы. Ученые экспериментировали с мышами, но результаты их исследований касаются в первую очередь людей.

Разумеется, иммунодефицит — не единственное последствие пагубной привычки курить где угодно, при ком угодно и в любом состоянии. Даже пассивное курение будущей матери пагубно сказывается на младенце. Продукты сигаретного дыма легко проникают через плаценту и накапливаются в эмбриональных тканях. Концентрация никотина в ткани плаценты, амниотической жидкости и пуповинной крови равна или даже превышает его концентрацию в материнской плазме. У курящих матерей значительно возрастает риск спонтанных абортов, неонатальной смертности и последующего замедленного развития новорожденного. Эпидемиологические исследования показали, что внутриутробное воздействие никотина нарушает процессы миграции, деления и дифференцировки эмбриональных клеток, поэтому дети

курильщики часто рождаются с ишемической болезнью сердца, гипертонией, диабетом или иммунодефицитом, который выражается в нехватке иммунокомпетентных клеток крови, лимфоцитов и нейтрофилов, а также в пониженной активности макрофагов.

Механизм образования иммунодефицита новорожденных ученые исследовали на мышах. Курить им, конечно, не давали и в их присутствии не дымили. На протяжении всего срока беременности мышам ежедневно вводили никотин или продукт его метаболизма котинин. Контрольная группа получала физиологический раствор. Концентрация никотина в крови беременных мышей соответствовала таковой у курильщиков. Потомству этих мышей в возрасте одного-полутора месяцев вводили эритроциты барана, чтобы вызвать иммунный ответ. У мышей, подвергавшихся внутриутробному окуриванию, число клеток, образующих антитела к эритроцитам, в два



раза ниже, чем в других группах. Котинин иммунный ответ практически не ослабляет.

Клетки иммунной системы, образующие антитела, формируются из стволовых клеток крови в несколько этапов. Сначала в желточном мешке образуются первые при-

митивные предшественники стволовых клеток крови, затем они мигрируют в эмбриональную печень, а потом, уже на поздней стадии внутриутробного развития, заселяют эмбриональный костный мозг. Только там стволовые кроветворные клетки окончательно созревают и приступают к выполнению своих функций. Ученые исследовали мышинные эмбрионы разного возраста и новорожденных мышат и пришли к выводу, что внутриутробное воздействие никотина препятствует выходу клеток-предшественников из печени. В результате костный мозг оказывается недостаточно заселен антителообразующими клетками, а иммунная система ослаблена.

По мнению исследователей, обнаруженная ими связь иммунного дефицита новорожденных с никотином может пригодиться для профилактики и коррекции заболеваний раннего детского возраста. Хотя самая лучшая профилактика в этом случае — не курить.



# Лечу землетрясения. Услуги платные

Доктор физико-математических наук

**М.Г.Савин**

*В 60-х годах поиски электромагнитных предвестников землетрясений велись на Гармском полигоне Института физики Земли АН СССР (Таджикистан). Однажды судьба забросила нас в районный центр Хаит, от которого после катастрофического землетрясения 1949 года осталось в буквальном смысле лишь одно название. Мы бродили по огромной безжизненной каменной плите 40-метровой толщины, похоронившей под собой целый город. Из 30 тысяч человек уцелели лишь несколько чабанов, пасших овец в горах. Врезались в память слова руководителя экспедиции О.М.Барсукова: «Человечество поставит памятник из чистого золота тому, кто избавит его от землетрясений».*

## Неоправданный оптимизм

В начале прошлого века Постоянная центральная сейсмическая комиссия Императорской академии наук писала: «Сейсмология, самая юная из всех отраслей человеческого знания, за последнее время быстрыми шагами двинулась вперед, привлекая к себе внимание не только представителей научного мышления, но и широкой публики. Вопросы, трактуемые этой наукой, по справедливости следует отнести к числу увлекательнейших и глубочайших проблем, которые когда-либо волновали человеческого ум. Достаточно упомянуть, что сейсмология значительно приблизила нас к решению вопросов о внутреннем строении земного шара, о влиянии небесных тел на форму нашей планеты, а в самое последнее время поставлен также на научную почву вопрос о предсказании землетрясений».

Сегодня можно констатировать, что оптимистические ожидания столетней давности не оправдались. «Уже ясно, — говорит член-корреспондент РАН А.В.Николаев из Объединенного института физики Земли РАН им. О.Ю. Шмидта, — что проблему прогноза землетрясений нельзя решить полностью, детерминированно, — природа всегда имеет в запасе несколько сценариев и может разыграть любой». Удачные примеры краткосрочного прогноза как заблаговременного и точного предсказания места, времени и силы разрушительного землетрясения — редчайшее исключение из общего правила. (Долгосрочный и даже среднесрочный прогноз проблему кардинально не решают — никто не будет отселять людей из местности, где, согласно предсказанию, землетрясение случится «в ближайшие годы».) Землетрясения по-прежнему наносят огромный ущерб, унося десятки и сотни тысяч человеческих жизней ежегодно.

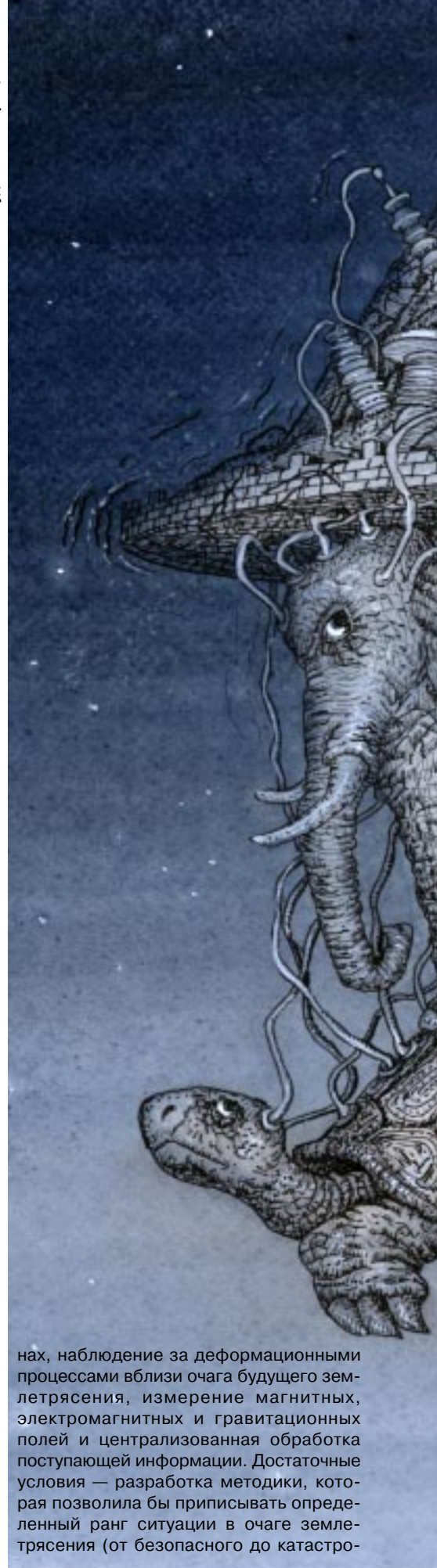
Всем памятна колоссальная масштабы бедствий, которые принесло землетрясение 26 декабря 2004 года в Индонезии и вызванное им цунами — гибель 300 тысяч человек, стертые с лица земли приморские города и курорты. Отчаяние местных жителей — и бессилие специалистов. Не забылись и беспомощные TV-комментарии наших ведущих сейсмологов, которые даже по фактам не сумели сойтись во мнениях о механизме цунами небывалой силы. Несколько ранее, в конце октября 2004 года, — серия разрушительных землетрясений (всего — более 600!) в японской провинции Ниигата. В течение 2005 года катастрофические землетрясения с удивительным постоянством происходили в различных сейсмоактивных районах земного шара. Население таких областей живет в постоянном страхе, и никто не знает, когда ждать беды.

Поставлен ли, как писали русские сейсмологи столетие назад, «на научную почву вопрос о предсказании землетрясений»? Прислушаемся к мнению одного из наших ведущих геофизиков, бывшего директора ИФЗ академика В.Н.Страхова: «В решении проблемы краткосрочного прогноза землетрясений отсутствует необходимая общая методология. В сейсмологии до сих пор по настоящему не сформулированы условия, необходимые (хотя еще и не достаточные!) для решения проблемы краткосрочного прогноза землетрясений».

## Признаки и призраки

В декабрьском номере журнала «Геофизика» за 2004 год академик Страхов изложил свою концепцию методологической базы краткосрочного прогноза разрушительных землетрясений. Упомянутые выше необходимые условия — это в первую очередь мониторинг сейсмического режима, гидрогеологических и геохимических параметров в скважи-

нах, наблюдение за деформационными процессами вблизи очага будущего землетрясения, измерение магнитных, электромагнитных и гравитационных полей и централизованная обработка поступающей информации. Достаточные условия — разработка методики, которая позволила бы приписывать определенный ранг ситуации в очаге землетрясения (от безопасного до катастро-





## РАЗМЫШЛЕНИЯ

фического), а также создание системы искусственного интеллекта для автоматического анализа информации, которая поступает с наблюдательных сетей. Здесь потребуются принципиально новые компьютеры, способные решать огромные, на десятки тысяч переменных, системы линейных уравнений. Однако ни число станций наблюдения, которые ныне есть в распоряжении сейсмологов,

ни их оснащение приборами не позволяют решить задачу мониторинга. «Вместо того чтобы обманывать государство и обещать прогноз землетрясений, честнее было бы закрыть эти станции и прекратить попусту тратить деньги», — так эмоционально прокомментировал В.Н.Страхов ситуацию на конференции, посвященной юбилею ИФЗ. По его мнению, прогнозом землетрясений имеет

смысл заниматься, имея объем финансирования в 1–1,5 млрд. рублей и срок решения поставленных задач в 10–15 лет. Казалось бы, эти требования никак не назовешь чрезмерными, однако следует признать, что с учетом политических реалий такое финансовое обеспечение — не более чем очередная мечта ученых.

Если попытаться понять причину неудач с прогнозом разрушительных землетрясений, то нелишним будет обратиться к «формуле Страхова»: «Прогноз — это построение устойчивого целого из множества неустойчивых компонент». Здесь «неустойчивые компоненты» — прогностические признаки, или предвестники землетрясений. Иначе говоря — аномалии комплекса геофизических, биологических и других природных процессов, предшествующих землетрясению. Действительно, сам процесс подготовки очага землетрясения порождает множество предвестников различной природы. И они связаны друг с другом бесчисленными внутренними взаимозависимостями. Создатели методик краткосрочных прогнозов — обычно узкие специалисты, — к несчастью, игнорируют это принципиальной важности обстоятельство. Как правило, каждый из них абсолютизирует значимость отдельно взятого предвестника. Поэтому со временем, казалось бы, достоверные предвестники превращаются в некие «мерцающие признаки» (термин, начинающий приживаться в сейсмологии). Эти признаки, как призраки, как блуждающие огни в пустыне, зовут и манят путешественника в мире прогноза землетрясений, — мире, который — увы! — до сих пор остается виртуальным.

Сошлюсь на собственный горький опыт. Четверть века назад был предложен новый электромагнитный предвестник землетрясений. Численное моделирование показало, что в очаге резко изменяются импедансы (аналогии сопротивления для волновых процессов) быстрых колебаний естественного электромагнитного поля Земли. Чем не прогностический признак? Я был уверен, что он гарантирует точный прогноз, тем более что корреляция аномального поведения импедансов с сейсмической активностью на Камчатке была налицо. Со временем, однако, мой бесспорный признак перешел в разряд призраков.

### Легенды и мнимая действительность

Рассуждения о прогнозе землетрясений естественно дополнить представлениями об их причине. Согласно многочисленным сказаниям и старинным легендам, землетрясения вызваны вмешательством сверхъестественных сил и ниспосланы людям как наказание за их

прегрешения. Лишь добрую улыбку у сейсмологов могут вызвать наивные суждения древних: так, в Японии землетрясения объясняли движениями встревоженного сома, на спине которого держался острова, североамериканские индейцы — переваливанием с ноги на ногу черепахи, несущей на себе Землю, в Азии это уже была лягушка, в Китае — бык и так далее. А становясь серьезными, кое-кто из ученых, например профессор инженерных дисциплин Стенфордского университета Джеймс Гир и Харет Шах, самоуверенно заявляют: «Сегодня у нас есть преимущество многолетних геологических исследований, в результате которых удалось получить исключительно ясную картину строения Земли и причин землетрясений».

«Сейчас мы уже понемногу начинаем раскрывать секреты глубоких землетрясений, — более осторожно пишет геофизик Клиф Фролих. — Сейсмологические наблюдения в сочетании с лабораторными экспериментами по поведению горных пород при высоких давлениях позволили высказать предположения о механизмах их возникновения».

Напомним, что при землетрясениях сейсмические волны проходят сквозь тело Земли и регистрируются сейсмографами во всей разветвленной сети обсерваторий. Еще 105 лет назад Р.Д.Олгейм, сотрудник геологической службы Индии, показал существование трех типов сейсмических волн: первичной, или продольной (Р), вторичной, или поперечной (S) глубинными волнами, а также большими волнами, распространяющимися вдоль поверхностного слоя Земли. Времена прихода на обсерватории Р- и S-волн, порождаемых землетрясениями, зависят от внутреннего строения земных недр и пробегаемого ими расстояния. Анализируя пути волн, сейсмологи и пытаются понять строение планеты. Строго говоря, методы сейсмологии не могут гарантировать правильный результат исследований строения глубоких недр. В этой связи датский геофизик Инге Леманн, открывшая в 1936 году внутреннее ядро Земли, сделала важную оговорку: «Существование внутреннего ядра Земли — это гипотеза, которая, по-видимому, имеет некоторую вероятность, хотя она и не может быть подтверждена имеющимися у нас данными».

Однако надо же от чего-то отталкиваться. Поэтому условимся считать, что внешняя оболочка Земли — твердая кора, или литосфера, толщиной до 60 км под материками и до 15 км под океанами. Именно в литосфере созревают большинство очагов катастрофических землетрясений. Из-за неравномерности вращения Земли и множества других факторов в литосфере накапливаются напряжения. Достигая некоторого критического значения, они приводят к разрыву сплошности горных

пород и образованию системы трещин. Напряженное состояние литосферы снимается, а многокилометровые толщи пород соскальзывают, вызывая мощную сейсмическую волну. Основная энергия такого «мелкофокусного» землетрясения переносится поверхностными волнами, они-то и вызывают разрушения. Почти все катастрофические землетрясения «мелкофокусные».

Толчки землетрясений другого типа, «глубокофокусных», случаются на глубинах до 650 км. Причину их возникновения принято объяснять с помощью модной гипотезы современной геофизики — тектоникой плит, которые плавают на поверхности горячего пластического вещества мантии Земли под действием сил тепловой конвекции. Скорость «пловцов» в Тихоокеанском поясе — 10 мм в год. Там, где плиты сталкиваются, одна из них испытывает субдукцию, то есть поддвиг под другую плиту с погружением обратно в мантию. Это явление хорошо видно на примере Японских островов. Как показал в 1935 году молодой сотрудник Японского метеорологического управления Кийо Вадати, глубины фокусов землетрясений наклонно увеличиваются от восточного берега Японии на запад, в сторону континента, образуя сейсмофокальные зоны, названные впоследствии зонами Вадати–Беньюффа. При глубоких землетрясениях разрушения на поверхности Земли — весьма редкое явление.

На взгляд автора, занимающегося геофизикой 40 лет, было бы ошибкой абсолютизировать правомерность тектоники плит, как и любой другой концепции глубинной геофизики, да и любого ее конкретного результата. От этого, впрочем, наша наука отнюдь не становится бессмысленной. Смысл и очарование ее — в поиске, процессе, движении, и на этом пути ученый познает не столько загадочные недра планеты, сколько себя, свою собственную загадочную душу.

## Кризис геофизики: конец детерминизма

Вернувшись к нашим баранам, вспомним, что результаты исследования зем-

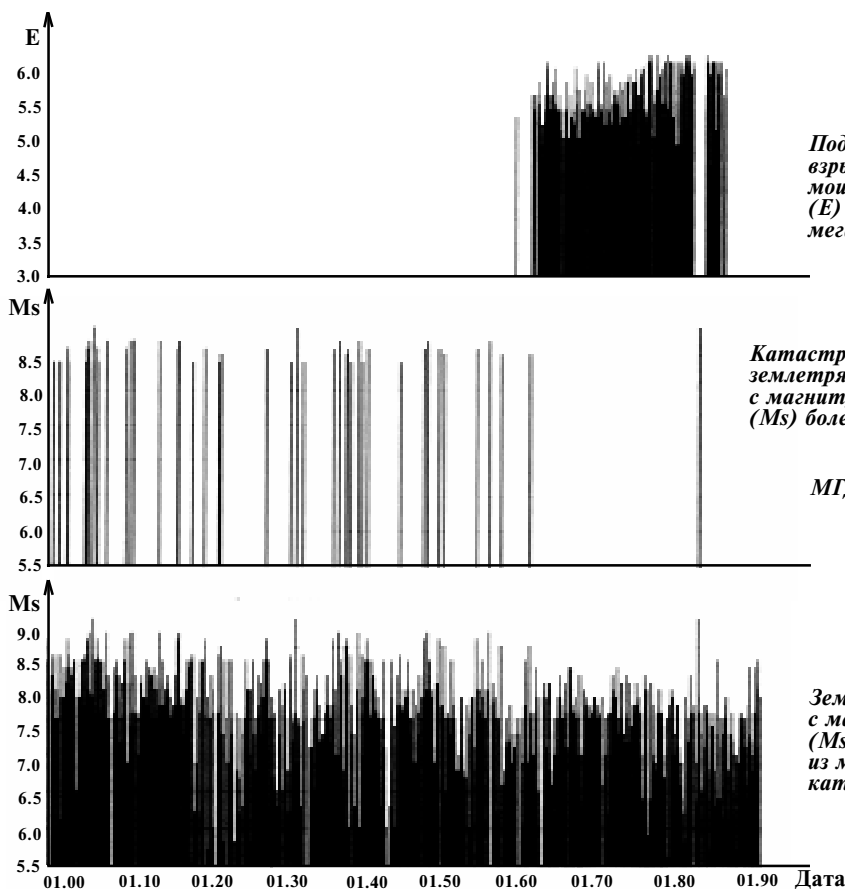
ных недр, в отличие от исследований околоземного космического пространства, не поддаются прямой экспериментальной проверке. Поэтому вопрос о предсказании землетрясений тесно связан с нашим доверием к методам геофизики, от которых зависит достоверность данных, извлекаемых из результатов наблюдений. Ибо в недра Земли удастся заглянуть только при помощи расчета. Можно сказать точнее: доверием к теоретической геофизике, которая дышит законами математической физики, замешанной на идее детерминизма. И любопытно было бы проанализировать, как открывается перед нашим взором устройство столь сложной системы, как недра Земли.

Наиболее интересные и важные результаты сейсмологии, как и глубинной геофизики в целом, основаны на вере в непогрешимость некоего основного догмата. А именно: структура среды, например параметры земных оболочек или положение границ, разделяющих породы, считается истинной, если при математическом моделировании достигнуто согласование геофизических полей, измеренных на поверхности Земли и рассчитанных по математической модели. Как уже догадался эрудированный читатель, речь идет о решении обратных задач геофизики. Под «математическим моделированием» в данном случае понимается перебор (итерации) решений прямых задач — построение геофизических полей на основании решения систем дифференциальных уравнений, при варьировании коэффициентов этих уравнений, они же параметры среды. Когда оказывается, что рассчитанные характеристики полей лучше всего совпадают с измеренными, итерационный процесс прекращают и соответствующее им строение Земли принимают за истинное.

Отсюда следует: чтобы решить обратную задачу, нужно сначала решить прямую, то есть найти распределение полей в среде с известной структурой и заданным источником. И тут-то начинаются затруднения: решения прямых задач хорошо изучены лишь при тривиальных предположениях о структуре

### Вид полигона под Бишкеком





*Подземные взрывы мощностью (E) более 3 мегатонн*

*Катастрофические землетрясения с магнитудой (Ms) более 8,3*

*Испытание МГД-генератора на полигоне под Гармом*

*Землетрясения с магнитудой (Ms) более 5,5 из мирового каталога*

**Связь землетрясений с ядерными взрывами на Семипалатинском полигоне**

геофизической среды (изотропное плоско-слоистое полупространство, моделирующее пачку горных пород) и волнового поля (за его источник принимают однородную плоскую волну). Когда мы переходим к более реальным геофизическим ситуациям — например, учитываем естественную анизотропию (различие физических свойств по разным направлениям) осадочного и железистых слоев земной коры или неоднородность внешнего поля, задача усложняется настолько, что подходы к ее решению нашли лишь сравнительно недавно. Еще более близкому к реальности математическому моделированию горизонтально-неоднородных (двух- и трехмерных) геофизических сред посвящено множество работ, однако на практике результаты этих исследований применяются редко.

И это неудивительно: при решении обратных задач геофизики нарушается понятие корректности (правильности), сформулированное сто лет назад французским математиком Жаном Адамаром, а именно условий единственности решения и непрерывной зависимости решения от начальных данных задачи. На языке геофизики это означает, что одному и тому же измеренному на поверхности Земли распределению полей может отвечать бесчисленное количество моделей сред с различными свойствами. Теория некорректных задач геофизики существенно продвинулась вперед благодаря идеям академика А.Н.Тихонова. Оказалось, что про-

блема однозначного восстановления коэффициентов дифференциальных уравнений может быть решена при помощи регуляризирующих алгоритмов, устойчивых к возмущениям начальных данных. То есть нужно перейти от исходных уравнений, выражающих законы природы, к совсем другим уравнениям. И тут возникает вопрос: не теряем ли мы что-то существенное при переходе?

На эти и другие «неприличные» вопросы математик ответит геофизику приблизительно так: «Не извольте беспокоиться, сударь. Все согласовано и подписано. Идите и дерзайте». И геофизик идет дерзать, ведь по-другому, кроме как образами всемогущей математики, в глубь Земли далеко не прорвешься. А когда прорвались — всего-навсего на 12 км при бурении в 1982 году Кольской сверхглубокой скважины (укол иголкой в тушу слона), то получился полный конфуз. В большом расхождении оказались действительные и математически вычисленные темпы роста температуры с глубиной, углы наклона древних пород, поля сейсмических волн, не говоря уже об отсутствии на глубине 7 км теоретически предсказанного в данном месте «базальтового» слоя и о крахе других гипотез. Результаты глубокого бурения Саатлинской скважины в Азербайджане выявили несовпадение с расчетными измеренных температур на глубине 6270 м и мощностей слоев осадочного чехла. К слову сказать, еще 30 лет назад на Всесо-



**РАЗМЫШЛЕНИЯ**



юзном совещании по электромагнитным зондированиям в Звенигороде профессор Д.Н.Четаев призывал к ревизии всех построенных на то время геоэлектрических разрезов. Все это наталкивает на мысль о внутреннем кризисе в геофизической науке.

Подчеркнем, что речь шла, о, казалось бы, благополучной области геофизики — об исследовании верхних горизонтов земной коры. Эти результаты научная общественность обычно встречает доброжелательно и с пониманием. Ежели работа сделана методологически добросовестно, то и слава Богу. Кто же осмелится посягать на священные основы науки Нового времени, заложенные самим Ньютоном!

В самом деле, стало привычным закрывать глаза на то обстоятельство, что в глубинной геофизике принципы классической механики теряют смысл и заходят в тупик. Мы можем только смутно догадываться, в каком состоянии находится внутренняя материя планеты. Однако на какие-то сигналы из глубин, на некоторые добытые факты все же удается опереться. Например, обнаружена исключительно высокая чувствительность геофизической среды в окрестности очага землетрясения к внешним воздействиям. Иными словами, в целом ряде случаев свойства глубинного вещества меняются под действием приложенных сил, в том числе электрических полей естественного (солнечная активность) и искусственного (МГД-генератор) происхождения. При этом проводимость среды становится функцией электрического поля, распределение которого мы пытаемся отыскать: в соответствующих уравнениях электродинамики появляется нелинейность. Геоэлектрика, изучающая электрические свойства Земли на ос-

новании системы линейных уравнений Максвелла, этот нюанс игнорирует. Тем же грешит и сейсмология.

Естественно предположить, что при огромных давлениях и температурах в земных недрах происходит движение вещества и энергии, то есть некоторые условные границы открыты. Далее, в традиционных для геофизики постановках задач трудно считать обратимыми события в земной коре и мантии, где энергия упорядоченных процессов в конечном счете переходит в теплоту. А это типично для диссипативных сред, в которых рассеиваемая энергия идет на создание структур. Следовательно, реальная геофизическая среда характеризуется открытостью, диссипацией энергии, нелинейностью и нестационарностью процессов — от медленных движений до землетрясений, извержений вулканов и других геокатастроф. Здесь попытка применить не всегда работающий в твердой земной коре метод — выписать, а затем исследовать систему дифференциальных уравнений — была бы (за исключением редких удач в специальных случаях) заранее обречена на провал. Теперь бы самое времечко поставить жирный крест на традиционных методах глубинной геофизики, связанной с изучением нестационарных процессов вблизи очага землетрясения, если бы она сама раньше его не поставила плачевным расхождением расчета с измерениями. К несчастью, шансы на успех глобального мониторинга (по Страхову) в деле прогноза также уменьшаются. Впрочем, крупные структуры осадочного, гранитного и базальтового слоев, внутри которых развиваются быстрые процессы в очаге, стандартные поля «чувствуют» удовлетворительно.

Имея в виду проблему катастрофических землетрясений, целесообразно обратиться к теории диссипативных структур Ильи Романовича Пригожина — устойчивых пространственно-неоднородных образований, возникающих в результате развития неустойчивости в неравновесной диссипативной среде. Эта теория отвечает описанию явлений самоорганизации в коре, мантии планеты, да и во всей матушке Земле. Здесь развитие событий определяется точками бифуркации, в которых траектория

движения структуры разделяется на множество равновероятных ветвей.

Где и когда «лопнет» земная кора и произойдет землетрясение? Когда и в каком органе зародится болезнь, которая изменит привычную нашу жизнь? И вообще, от чего зависит выбор ветви, по которой пойдет движение структуры? От флуктуаций на микроскопическом уровне, утверждает И.Р.Пригожин. Можно показать, что процессы самоорганизации в глубинных структурах Земли идут непредсказуемо, внезапными скачками. Лишь в особых случаях (например, при построении модели конвекции в мантии в масштабах геологического времени) удастся прорубить просеку детерминизма в лесу неопределенностей. Для глубинных процессов в реальном времени настала пора навсегда распротиться с иллюзией возможности предсказания будущего на основании лишь предыдущего опыта. Сказанное по-новому освещает панораму неудач с точным прогнозом разрушительных землетрясений, давая ей научное объяснение и... загоняя в угол исследователя традиционного толка.

Впрочем, ситуация с «исчезновением» детерминизма отнюдь не нова. Яркий пример тому — события в физике микромира на прошлом рубеже веков, когда электрон вдруг оказался размазанным по всей Вселенной, ибо он находится в любой ее точке с некоторой долей вероятности, определяемой уравнением Шредингера. Так же и катастрофические землетрясения размазаны по всей Земле. Поскольку своим Шредингером сейсмология нас пока не осчастливила, для изучения вероятности страшного события приходится довольствоваться методами сейсмического районирования и прогнозами землетрясений на долгий или средний сроки.

### Ищем выход...

Чувству бессилия перед непредсказуемыми природными катастрофами может противостоять глубокая мысль, высказанная незадолго перед кончиной самим И.Р.Пригожиным: «Мир есть конструкция, в построении которой мы все можем принимать участие». Действительно, похоронив детерминизм как универсальный метод познания природы, эпоха бифуркаций породила новый

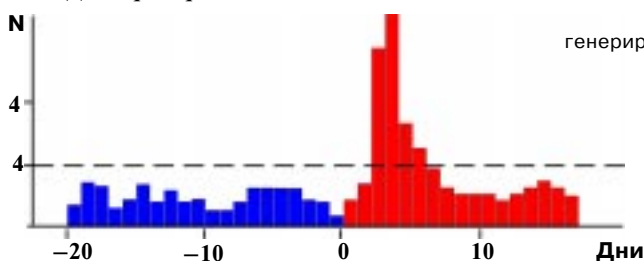
творческий импульс. Смысл его в самой природе бифуркаций, а именно в возможности сознательного инициирования тех флуктуаций, которые придадут желательное нам направление будущему развитию событий.

В применении к сейсмологии нас интересует тот путь развития глубинных процессов, который исключал бы риск возникновения катастрофических землетрясений или, во всяком случае уменьшал их магнитуду. Речь, естественно, не может идти о глобальном изменении сейсмического режима Земли — нормального и закономерного явления, обеспечивающего устойчивость планеты в целом. Я имею в виду искусственное возбуждение механизма разгрузки напряжений в земной коре до того, как они достигнут критического значения. Здесь можно воспользоваться девизом гомеопатов «подобное лечится подобным». Иными словами, размениваем разрушительное землетрясение на множество безопасных сейсмических толчков.

Скоро сказка сказывается, да скоро дело делается. Какие факторы реализуют инициирование землетрясений? В естественных условиях это вариации скорости вращения Земли, земные приливы, обусловленные гравитационным влиянием Солнца и Луны, солнечная активность, изменение атмосферного давления и многие другие. Нарастающее влияние техногенных воздействий также приводит к усилению сейсмической активности. К числу их принадлежат возведение высоких плотин и образование водохранилищ, добыча нефти, газа и твердых полезных ископаемых, закачка промышленных отходов в тектонические разломы, подземные ядерные взрывы, мощные электрические импульсы.

Иногда вмешательство человека в естественные тектонические процессы приводит к катастрофическим землетрясениям, достаточно вспомнить страшное землетрясение в Нефтегорске в 1985 году. Однако у медали есть и обратная сторона — уменьшение сейсмической опасности благодаря запуску механизма разрядки тектонических напряжений. В этом отношении показательна связь глобальной сейсмичности с подземными ядерными

**Распределение количества землетрясений на Бишкекском полигоне до и после пуска МГД-генератора**



**Устройство МГД-генератора**

Мощные магниты, проходя через которые продукты взрыва генерируют электричество

Здесь кладут взрывчатку





*Участники ТУСОВКИ — кандидат технических наук В.А.Новиков, доктор физико-математических наук Ю.Г.Щорс, академик Е.П.Велихов, профессор М.Г.Савин, член-корреспондент РАН А.В.Николаев*

взрывами. С 1964 года, когда США и СССР стали систематически проводить испытания ядерных зарядов мощностью более трех мегатонн, число сильных землетрясений в мире резко уменьшилось. За период с 1964 по 1977 год было лишь одно землетрясение с магнитудой более 8,3 — 20 октября 1986 года. Оно случилось после 15 месяцев моратория на испытания, введенного М.С.Горбачевым. Эти результаты подтверждают, что высокоэнергичные кратковременные воздействия на литосферу активизируют относительно слабые землетрясения и приводят к уменьшению числа катастрофических событий.

Так, шаг за шагом, мы подбираемся к идее уменьшения сейсмической опасности через активное, но регулируемое воздействие на созревающий очаг землетрясения. Поскольку точный прогноз разрушительных землетрясений скрывается в туманной дали, попытаемся перехватить у природы инициативу в вопросе о планировании сейсмического режима.

### **...и видим проблески света!**

Надежды геофизиков связаны с применением мощных импульсных магнетогидродинамических (МГД) генераторов. Как показали эксперименты, с их помощью можно запустить механизм разгрузки энергии деформационных процессов в литосфере. Импульсные МГД-генераторы — детище академика Е.П.Велихова. Они непосредственно преобразуют химическую энергию плазмообразующего порохового заряда в электрическую энергию продуктов сгорания, когда они двигаются поперек магнитного поля, создаваемого самим же генератором. Во время взрыва заряда эта машина создает короткий, в несколько секунд, электрический импульс мощностью в десятки и сотни МВт. Он разряжается в землю через разнесенные на несколько километров электроды. Интерпретируя отраженное от геоэлектрических слоев электромагнитное поле, мы получаем «мгновенный снимок» земной коры на всю ее мощ-

ность. Именно с целью изучения глубинного строения Земли, поиска и разведки полезных ископаемых в начале 70-х годов проводили первые успешные эксперименты с МГД-генератором на Урале, в Прикаспии и на Кольском полуострове.

В 1976–1978 годах сотрудники ИФЗ сделали неожиданное открытие: оказалось, что пуски импульсного МГД-генератора влияют на сейсмический режим Гармского полигона (Северный Памир): активность землетрясений резко возрастает на 3–4-е сутки после импульсов. Спустя 10 лет этот результат был подтвержден экспериментами в Бишкекском районе (Северный Тянь-Шань). В обоих случаях суммарная энергия всех землетрясений на 5–6 порядков превышала энергию МГД-генератора. Следовательно, мощные электрические импульсы приводят к выделению дополнительной сейсмической энергии, уже накопленной геологической средой. Радиус «отжига» тектонических напряжений нелинейно растет с увеличением мощности МГД-генератора и достигает 500 км, эффективное воздействие на сейсмический режим проявляется на глубинах до 5 км.

Механизм «спускового крючка» пока не изучен. Возможно, сверхслабые электрические токи силой в доли мкА, которые возникают от импульса, достигают очага землетрясений и уменьшают вязкость флюидов. Глубинные породы проскальзывают и инициируют выделение сейсмической энергии. В соответствии с идеями неравновесной физики «фотография земных недр» сопровождается ничтожно малыми флуктуациями параметров очага, и они определяют то сейсмическое событие, которое произойдет.

### **ТУСОВКА**

Хотелось бы, однако, предостеречь от излишнего оптимизма. Мы находимся в самом начале трудного пути. Сделаны лишь первые шаги, нащупаны лишь основные тенденции и возможные сценарии развития глубинных процессов при мощном электрическом воздей-



### **РАЗМЫШЛЕНИЯ**

ствии. Игра с Природой (по Пригожину) только начинается, и инициатива пока целиком в ее руках. Но нельзя отрицать, что предпосылки для «лечения» катастрофических землетрясений уже созрели. Есть эффективный управляемый инструмент воздействия на сейсмоактивные зоны, накоплен определенный объем знаний по проблеме наведенной сейсмичности, богат выбор полигонов в сейсмоактивных районах Дальнего Востока, еще не окончательно вымерли хорошие специалисты. Но пока отсутствует методика терапии путем «отжигания» земной коры: сколько нужно электричества для инъекций, куда, с какой периодичностью и каким шприцем колоть? На эти и другие вопросы нужно ответить, чтобы не нанести еще большего вреда Земле.

Необходимость геофизического эксперимента по разработке технологии уменьшения сейсмической опасности (ТУСО) при помощи мощного импульсного МГД-генератора назрела давно. По инициативе академика Е.П.Велихова с 1999 года в Курчатовском институте проводятся совещания рабочей группы (неофициальное название — ТУСОВКА, свертка ТУСО с «Велихов и компания»), на которых обсуждаются программа, научные и организационные вопросы планируемого на Дальнем Востоке эксперимента. Программой предусмотрено выполнение в течение трех лет комплекса работ — от создания нового типа геофизического МГД-генератора до выработки практических рекомендаций по уменьшению сейсмической опасности. Объем финансирования проекта — 5 млн. долларов, сумма ничтожная — на три порядка меньше, чем общие расходы на ликвидацию последствий только одного разрушительного землетрясения в Индийском океане в конце прошлого года. Но в стране в нелегких условиях борьбы с терроризмом на предотвращение природных «терактов» таких денег нет. А место потенциального инвестора одного из самых блестящих научных проектов века и претендента на памятник из чистого золота от благодарного человечества пока свободно.



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

### ВОДОРОДНАЯ ТАБЛЕТКА

*Датские ученые создали из морской соли хранилище для водорода.*



Claus Hviid Christensen,  
chc@kemi.dtu.dk

Главная проблема водородной энергетики — поиск безопасного способа хранения водорода: очень не хочется возить в багажнике того же автомобиля баллон взрывоопасного газа. Поэтому ученые пытаются хранить водород в твердом виде. И чего только за полсотни лет исследований для этого не предлагали: от гидридов металлов до модных ныне нанотрубок. Первые пока что запасают слишком мало водорода, а способности последних накапливать огромное, до 60% по весу, количество этого газа еще не подтверждены экспериментально. Ученые же из Датского технического университета во главе с профессором Клаусом Кристенсенем решили сделать хранилище водорода в виде таблетки из морской соли. Правда, там они хранят водород не в чистом виде, а в составе насыщенного водородом соединения — аммиака. При нагреве аммиак из таблетки испаряется, а катализатор сразу же разлагает его на азот и водород. После того как весь аммиак из таблетки выйдет, ее надо заправить на специальной станции.

«Наша технология позволяет упаковать в объем обычного бензобака столько водорода, что его хватит на 600 километров пути, — говорит руководитель работы. — Эта технология — шаг вперед по избавлению общества от углеводородной зависимости. Она позволяет полностью избавиться от выбросов углекислого газа, ведь энергию для изготовления водорода и последующей заправки таблеток можно получать из таких возобновляемых источников, как ветер или волны».

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

### СВЕТ ДВИГАЕТ МАШИНУ

*Шотландские ученые создали наномашину, которую можно перемещать на большие расстояния лучом света.*

David Leigh,  
david.leigh@ed.ac.ru

Не нужно думать, что наномашина — некий сложный механизм. Это всего-навсего капля дийодметана. А ее двигателем служит сила поверхностного натяжения, точнее, изменение такой силы действием света. Чтобы использовать эффект, ученые из Эдинбургского университета во главе с профессором Давидом Лейгхом взяли пластинку золота и нанесли на ее поверхность слой молекулярных машин. В таких молекулах освещение ультрафиолетом отталкивает одну часть от другой. Это неизбежно сказывается на свойствах поверхности, и помещенная на нее капля начинает двигаться. Причем на огромные расстояния — на целые миллиметры, что в миллионы раз больше диаметра самой капли! Более того, капля даже забирается на горку, расположенную под углом 12 градусов к горизонту.

«В природе молекулярные машины применяются чуть ли ни в каждом биологическом процессе, — рассказывает профессор Лейгх. — Если мы поймем, как создавать такие структуры и управлять ими, перед нами откроется путь к искусственным мускулам и прочим умным материалам, которые меняют свои свойства при воздействии электрического или светового сигнала. Кто знает, может быть, воспетая фантастами ситуация — перемещение предметов с помощью лазерной указки — не так уж далека от реальности».

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

### ДЖИП XXI ВЕКА

*Американские инженеры сделали новую машину для военных патрулей.*

Kirk Englehardt,  
kirk.engagehardt@  
gtri.gatech.edu

Новую патрульную машину десантника ULTRA UP, предназначенную для вооруженных сил США, разработчики из Института технологических исследований Джорджии постарались записать все новейшие разработки, чтобы сделать ее безопасной, легко управляемой и неуязвимой для противника. В результате она стала совершенно не похожей на своего предшественника. Скорее это черепаха, поставленная на колеса, причем одни щитки панциря сделаны из металла, а другие — из стекла.

Автомобиль снабжен уникальной легкой броней для защиты пассажиров от подрыва на минах и даже от попадания снарядов. Также полностью модернизированы все ходовые части, которые должны удерживать машину на ходу в любых экстремальных ситуациях. Рулевая часть, подвеска и тормоза управляются бортовым компьютером, позволяющим сохранять подвижность машины даже при сильных кренах.

Перечисляя достоинства новой машины, разработчики, разумеется, не упоминают никаких деталей по существу. Оно и понятно — военная тайна. Но сам факт презентации такой машины говорит о многом. Например, о том, что вооруженные силы США не собираются отказываться от активных боевых действий на суше, где эти машины, конечно же, очень нужны.



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

### РОБОТ НА ПРОПОЛКЕ

*Шведский инженер придумал робота, который умеет полоть огород.*



Bjorn Astrand,  
bjorn.astrand@  
ide.hh.se

Тот, кто не хочет пользоваться гербицидами и прочими химикатами, то есть занимается модным в Европе органическим земледелием, вынужден выпалывать сорняки вручную. Делать это нынче совсем не легко — коренные европейцы не хотят заниматься такой работой, а привлекать гастарбайтеров не каждому по нраву. В результате сорняки наносят немалый ущерб. Например, поторя на одном гектаре сахарной свеклы могут достигать двух тысяч долларов.

«Разработанный нами робот Лукас может сократить эти потери вдвое, — говорит Бьерн Астранд, аспирант Халмстадского университета. — Этот робот умеет пропалывать не только свеклу, но любые культуры, которые сажают рядами, — и салат, и цветную капусту, и морковь».

Главное устройство Лукаса — системы распознавания растений. Их у него три. С помощью инфракрасной камеры он определяет положение рядов и выпалывает все, что находится между рядами. В ряду он пользуется другой камерой, которая дает цветное изображение. Анализируя цвет и форму растений, Лукас отделяет сорняки от культурных ростков. К сожалению, их вид меняется в зависимости от погоды и при болезнях. Поэтому, чтобы надежно отличить сорняки, робот анализирует расположение растений. Дело в том, что при автоматической посадке культурные семена оказываются на одном и том же расстоянии друг от друга. Зная это расстояние и сопоставляя цвет и форму растений, робот точно определяет объект для выпалывания.





## НЕЙРОНЫ РАСТУТ ОТ ЭЛЕКТРОШОКА

*Шведские ученые обнаружили, что лечение электрошоком стимулирует рост нервных клеток.*

Johan Hellsten,  
johan.hellsten@  
mpu.lu.se

В конце XX века физиологи выяснили, что нервные клетки все-таки восстанавливаются. Это открытие вовсе не означает, что человек может безнаказанно трепать нервы себе и другим. Например, при глубокой депрессии объем отдельных областей мозга, в частности гиппокампа, отвечающего за память, уменьшается. А для лечения медики прописывают электрошок. Считается, что электрический разряд, проходя через мозг, воздействует на память.

Йохан Хеллстен, аспирант Лундского университета, решил уточнить механизм действия электрошока и пришел к неожиданному выводу: оказывается, разряд стимулирует образование нейронов и рост сосудов в головном мозге!

Свои опыты он ставил на крысах, которым давали гормоны стресса. Как и положено, у таких крыс восстановление нервных клеток проходило значительно хуже, чем у контрольных. А электроразряд резко изменял направление процесса: нейроны начинали активно делиться. Кроме того, неплохо размножились и клетки эндотелия кровеносных сосудов. Главная польза тут даже не в том, что за счет новых сосудов улучшается кровоснабжение мозга. Клетки эндотелия вырабатывают факторы роста, которые стимулируют появление новых нейронов.

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

### КАК РАСЧЕСАТЬ ПОЛЕНО

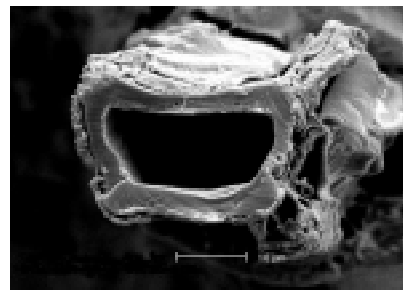
*Австрийские ученые обнаружили небывалые свойства у дерева.*

Stefanie Stanzl-  
Tschegg,  
stefanie.tschegg@  
boku.ac.at

Казалось бы, о дереве, древнейшем материале, используемом человеком, известно все. Однако австрийские ученые из Венского института физики и материаловедения во главе с профессором Стефанией Станцл-Чегг сумели придумать новую технологию работы с ним: она предполагает разделять древесину на волокна не химическим способом, как обычно, а механически.

При химической обработке волокна древесины сильно изменяются, что сказывается на их свойствах. В частности, когда влажные волокна высушивают, они скручиваются. Причина — в строении: обработанные стенки древесных клеток состоят из чистых волокон целлюлозы, которые легко сворачиваются в спирали. А при механической обработке эти волокна остаются окруженными матрицей из лигнина и геми-целлюлозы. Она-то и придает стабильность волокнам древесины.

С этой же матрицей связано другое удивительное явление, замеченное группой профессора Станцл-Чегг. Оказывается, при деформации волокна под нагрузкой молекула целлюлозы отцепляется от матрицы, а когда нагрузку снимают, она не возвращается назад, а образует связи на новом месте. Получается, что древесное волокно пластически деформируется, как металлическая проволока. Эти открытия должны послужить основой создания новой технологии работы с традиционным материалом.



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

### ТРЮФЕЛЬ ВЫРАЩИВАЕТ ДУБ

*Испанские ботаники предлагают одновременно сажать дубы и трюфели.*

Пресс-секретарь  
Garazi Andonegi,  
garazi@elhuyar.com

Анна Мария де Мигель и Мириам де Ромаин, ботаники из Наваррского университета, решили попробовать совместить две задачи, а именно восстановить сожженный пожаром лес и подарить новые грибные места тамошним жителям, которые получают от сбора грибов немалый доход.

Для этого на корни саженцев дубов (а именно дубраву, сгоревшую три года назад в испанской провинции Эстелла-Лизарра, они решили восстанавливать) нанесли микоризу черных перигорских трюфелей. Микориза — это продукт симбиоза грибов с деревьями. Она ускоряет рост как гриба, так и дерева. И действительно, трехлетний эксперимент показал, что обработанные саженцы росли гораздо лучше своих необработанных сверстников, особенно там, где почва была подходящей для трюфелей.

«К сожалению, очень мало исследователей ищут такие пути восстановления опустошенных районов в Средиземноморье, — сетуют исследовательницы. — А ведь микориза грибов не только улучшает рост саженцев, но и защищает их от болезней».

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

### КВАНТОВО- ХИМИЧЕСКИЙ ТАНЕЦ У ЗОЛОТОГО КЛАСТЕРА

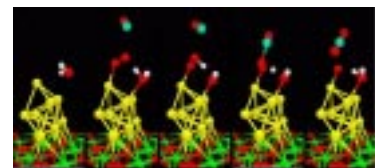
*Американские ученые показали, как вода может усиливать катализ.*

Пресс-секретарь  
David Terraso,  
david.terraso@  
icpa.gatech.edu

«Вода — это яд: она конденсируется на катализаторе, и тот теряет активность», — гласит один из принципов гетерогенного катализа. Эту истину в конце 80-х годов опроверг японский исследователь Масатаке Харута. Он обнаружил, что вода повышает активность крошечных частиц золота. В конце 90-х группа Юзи Лэндома, профессора физики Технологического института Джорджии, начала создавать квантово-механическую модель явления и, наконец, на примере окисления CO в CO<sub>2</sub> в присутствии нанокластеров из восьми атомов золота и молекул воды выяснила, в чем дело.

В молекуле H<sub>2</sub>O атомы водорода имеют слабый положительный заряд, а атом кислорода — отрицательный. Он-то и связывается с одним из атомов золота. Если у соседнего атома золота окажется молекула O<sub>2</sub>, то и она получит слабый отрицательный заряд. Поскольку противоположности притягиваются, кислород забирает протон из H<sub>2</sub>O, и связь O—O ослабляется. Если поблизости окажется CO, то он заберет один из кислородов себе. Протон возвращается к молекуле воды, а оставшийся атом кислорода столь активен, что он быстро связывается со следующей молекулой CO.

Мягкий гетерогенный катализ в газовой фазе — именно то, о чем мечтают промышленники. Интересно, как быстро можно будет перейти от модельных расчетов к большому делу? Кстати, видимо, принять участие в этом деле сможет не только молекула воды, но и любая другая, готовая поделиться своим протоном с соседом.



# Нужны ли нам «права животных»?

*Я теперь скупее стал в желаньях,  
Жизнь моя! Иль ты приснилась мне?  
Словно я весенней гулкой ранью  
Проскакал на розовом коне!*

Сергей Есенин

Если бы Есенину захотелось романтично прокатиться гулкой ранью в современной Германии, ему пришлось бы долго бегать с бумажками по офисам и заплатить кучу налогов. И даже если бы Сергею Александровичу хватило на все это терпения и денег, на него наверняка настучали бы соседи за эксплуатацию лошади во внеурочное время и подозрительную окраску животного.

## Права немецкого крота

Когда говоришь, что животные в Европе защищены законом так же, как люди, европейцы часто отвечают: «Что вы, животные защищены гораздо лучше». В этой шутке много правды.

Германия, как известно, — образец порядка и дисциплины. Если приехать туда из России на короткое время, ощущения самые приятные: полное впечатление всеобщего благоденствия, кажется, что лучшего и желать нельзя. Но те, кто прожил в Германии подольше, знают, что оборотная сторона этой идиллии — слежка всех за всеми и невероятное стукачество.

Бдительные соседи и прохождение контролируют в том числе и соблюдение прав животных. В Германии вы не можете сами убить мышь или крысу. Этим должны заниматься только специалисты, обученные гуманным методам. Если соседи видели, как ты прибил грызуна, — тебя ожидают неприятности с полицией.

Когда мне в первый раз рассказывали о законах по охране животных, я, честно говоря, поначалу не верил, что такое может быть. Оказалось, может. Кстати, хотя единого европейского законодательства по правам животных пока не существует, в целом ситуация схожая и в других странах Западной Европы.

Если вы решили завести кошку или собаку, крепитесь — вам предстоит суровые испытания. Для начала нужно доказать, что ваше жилье удовлетворяет необходимым условиям. Это значит, что к вам явится комиссия, начнет замерять

кубометры, потолки и т. п. Затем — оформить огромное количество официальных бумаг и получить лицензию на содержание животного. А потом еще платить налог! Деньги это в любом случае не маленькие, вдобавок налог пропорционален размеру животного. В Германии даже есть особый асоциальный типаж (как у нас хиппи или панки) — деклассированный элемент с огромной собакой. Суть протеста — в демонстративной неуплате налога на животное.

Столь же строго регламентируется разведение сельскохозяйственных животных. У каждой свиньи и овцы есть индивидуальный паспорт, который прикрепляется на ухо. Периодически на фермы набегает полиция и проверяет наличие паспортов. Не дай Бог, найдут свинью без документов! Эксплуатация служебных животных (например, лошадей) тоже регламентируется: они работают определенное количество часов, с перерывом на обед, заставлять их работать сверхурочно нельзя. Единственный вид сельскохозяйственных млекопитающих, которых можно содержать без лицензии и налога, — кролики.

Не покидает ощущение, что природа в Германии отгорожена от людей крепкими решетками. Охота и рыболовство строго лицензируются, за все надо платить. Отлавливать птиц вообще нельзя. У немцев уже сформировалась четкая позиция: дикое животное лучше не трогать, ни в какое общение с ним не вступать. Возьмешь в руки зверушку — вот и нарушение закона! С одной стороны, это хорошо: косули, кролики, гуси и лебеди спокойно живут в черте города, где в России такое увидишь? С другой стороны, люди полностью утратили связь с природой, никто не умеет распознавать лесных зверей и птиц, съедобные и лекарственные растения. Законодательно насаждаемая любовь к природе превращается в страх и отчуждение.

А как быть, спрашивал я, если, к примеру, ворона сама залетела к тебе в квартиру и стала там жить? Ты же ее силой не заставлял, ей самой так нравится! Оказывается, тут юридический тупик: как бы ты ни поступил, все равно будешь виноват. Если ты позволишь вороне жить у тебя, то нарушишь жилищные нормативы, соседи стукнут в полицию — и начнутся проблемы. А

если ты ворону схватишь и выбросишь на улицу, то это вообще статья, насилие над животным. Единственный выход — позвонить в специальную службу, придут эксперты и гуманно уговорят ворону вернуться на улицу.

Немецкие автомобилисты не могут найти управы на ласок. Этот маленький юркий хищник любит подлезать под машины и перегрызает там все что попало. Поставить капкан нельзя, загрязмишь в полицию. Приходится автолюбителям прибегать к уловкам — дежурить поочередно возле стоянки, придумывать всякие самодельные пугалки.

Еще одна категория населения, страдающая от звериного произвола, — фермеры и владельцы садово-огородных участков. Представьте себе, в Восточной Германии есть дачи прямо-таки в советском стиле. И страшная напасть, хорошо знакомая и нашим дачникам, — грозный зверь крот, который подрывает корни. Бороться с ним непросто, а в Германии еще и запрещено по закону.

Но немцы не растерялись. Донимают кроты — значит, пора устроить на даче вечеринку с музыкой и танцами. Народ пляшет, землю топчет, а кроты шума не любят — расползаются по соседям. Соседи, конечно, вызывают полицию. Ну а подозреваемый гордо отвечает: про кротов слыхом не слыхивал, зато страсть как люблю веселье. Полиция уходит несолоно хлебавши: как доказать, что дачник со злым умыслом кротов пугает, может, он и впрямь танцы любит?

## Экзамен по белой мыши

Еще одна сфера взаимоотношений человека и природы не может не волновать ученых, особенно биологов: животные в эксперименте. За сотни лет ученые провели множество исследований на животных. Биологи, вопреки бытового мнению, обычно относятся к своему питомцам с симпатией и заботой, без всякого садизма. Вдобавок содержание животных и условия проведения экспериментов регулируются определенными правилами: симпатия или антипатия к зверушкам — частное дело исследователя, а законы соблюдать он обязан в любом случае.

Я хотел бы поговорить о правовой регуляции исследований на животных



«Эксперименты на обезьянах — безумие», — считают борцы за права животных



«Разве собака  
похожа на тебя?  
Она и реагирует  
по-другому!»



## РАЗМЫШЛЕНИЯ

в Великобритании. Объясню почему. Во-первых, я хорошо прочувствовал эту проблему «изнутри», занимаясь генетикой мышей в этой стране. Во-вторых, британское законодательство по использованию животных в научных целях — самое суровое в мире, и британские ученые этим заслуженно гордятся. Наконец, именно в Великобритании наиболее силен общественный накал вокруг проблемы.

Английская биологическая наука сосредоточена в университетах, государственных исследовательских организациях, таких, как MRC (Medical Research Council) и BBSRC (Biotechnology and Biological Sciences Research Council), клиниках и центрах здоровья, ими могут заниматься и частные компании.

Для того чтобы заниматься исследованиями на животных определенного вида, необходимо получить лицензию, которую выдает Home Office (аналог нашего Министерства внутренних дел). Прежде чем подавать заявку на лицензию, нужно пройти курсы и сдать экзамены. Курсы включают три модуля. Первый — по правам животных и соответствующим юридическим документам. Второй и третий — содержание животных и проведение экспериментов над ними. Скажу честно, сдать экзамены очень трудно, даже англичанам. Самый трудный — модуль по правам животных. Если же вы хотите вести собственный проект, а не работать в чужом, вам придется пройти дополнительный модуль.

Основной закон, регулирующий использование животных в научных целях, — «Animal (Scientific Procedure) Act 1986», он же ASPA 1986 (есть и другие законы, более специальные). Он рассматривает определенную группу животных, куда входят все позвоночные, кроме человека, а также осьминоги — их включили позднее под давлением общественности, мол, умные шибко, не глупее некоторых. Млекопитающие, птицы и рептилии охраняются законом с середины срока эмбрионального развития, а рыбы, амфибии и осьминоги — с момента, когда начинают самостоя-

тельно питаться. То есть, скажем, эмбрион мыши на десятом дне развития под закон не подпадает, а днем старше — уже подпадает. С холоднокровными рептилиями вообще как-то странно получается. У них ведь развитие эмбриона в яйце зависит от температуры, так что не очень понятно, когда наступает половина срока. Но это детали, а суть ясна: под строгой охраной законодательства находятся в первую очередь высокоразвитые животные.

Закон регламентирует обязанности и ответственность всех, кто работает с животными, а также все, что может причинить животному страдание, боль, стресс или остаточный вред. Интересно, что если животное убить гуманным методом (например, путем дислокации шейных позвонков), то с момента смерти оно уже не под защитой закона. Нельзя, не имея лицензии, взять у живого зверя пробу ткани, а вот у мертвого — пожалуйста. Кроме того, закон не рассматривает процедуры, связанные с содержанием животных. То есть если животное в виварии заболело, то можно спокойно сделать ему укол, не сверяясь с бумагами. А вот инъекция в научных целях — это эксперимент, значит, подпадает под действие закона.

Кроме того, что вам лично нужна лицензия, у вашего босса, как уже говорилось, должна быть лицензия на проект. А у института — еще и сертификат, держателем которого обычно бывает директор. Говоря упрощенно, лицензия начальника и сертификат включают как частный случай и мою лицензию на конкретное место и конкретный объект. Так как мой институт занимается генетикой мышей, мы с моим боссом можем работать только на мышах. Если я вздумая работать на крысах, то надо будет переформировать все бумаги не только для меня, но и для начальника, и для всего нашего института, и это потребует уймы времени и денег! На практике если нам действительно понадобятся крысы, то проще будет начать сотрудничать с кем-то, кто уже с ними работает.

Если вы нарушаете установленные законом правила, лицензию у вас отнимают. Теоретически могут отозвать лицензию на проект у вашего шефа, и даже сертификат на институт. Однако подобные скандалы — большая редкость.

В институтах есть еще и независимая организация по биоэтике (The Ethical Review Process), которая время от времени проверяет, не причиняете ли вы животным лишних мучений. Обычно в нее входят директор, ветеринар, ответственный за содержание животных, и другие специалисты.

Основное положение британской биоэтики просто и эффективно: всегда соотносить страдания животных и пользу для науки и человечества. Для этого надо помнить о правиле «3 R» — «replacing, reducing, refining». Говоря по-русски — во-первых, если возможно заменить животное в эксперименте, скажем, на культуру клеток, надо это сделать; во-вторых, использовать как можно меньше животных, в-третьих, свести для них к минимуму стресс и дискомфорт.

Как я уже упомянул, законодательное регулирование экспериментов над животными в Великобритании — самое строгое в мире. Например, только там существует система персонального лицензирования. Далеко не везде работают Комитеты по биоэтике и независимые инспекции. В Соединенном Королевстве также полностью запрещены физиологические эксперименты на человекообразных обезьянах, тестирование косметики и тест LD50, применяемый в токсикологии (когда оценивается доза яда, убивающая 50 процентов животных). И надо отметить, я никогда не видел у англичан неуважительного отношения к подопытным или их правам.

### «Смерть биологу!»

Тем не менее в Британии много людей, которые считают, что правила надо еще ужесточить либо совсем запретить эксперименты на животных. И люди эти настроены так решительно, что подчас сами пренебрегают законами. Вы, например, уже догадались, что я говорю о борцах за права животных, экотеррористах и экорадикалах.

Тут надо сделать одно замечание. В своей статье я буду использовать эти термины как синонимы, хотя, конечно, не каждый борец за права животных потенциальный экотеррорист. Человек может считать, что эксперименты на животных надо запретить, и пропаган-

дировать свою позицию, скажем, митингуя на площади. Радикалом и террористом он станет, только если перейдет к противоправным действиям. Кроме того, деятели с приставкой «эко» больше занимаются спасением диких животных, а борцы за права животных в основном спасают подопытных от экспериментаторов.

Движение борцов за права животных напрямую связано с воззрениями эко-философов и экологов второй половины XX века. Одним из первых защитников прав животных считается австралийский мыслитель Питер Сингер, автор работ «Демократия и непослушание», «Практическая этика» и других. Мировую известность принесла ему книга «Освобождение животных» (1977). В этой книге Сингер вводит понятие «специцизм» — видовая дискриминация, по аналогии с расизмом и сексизмом. Специцизм — это когда один вид (то есть, как правило, человек) нарушает права других видов.

Эпохальными вехами в истории эко-философии стали книги Тома Ригана «Дело о правах животных» (1983) и «В защиту прав животных» (1985) и Эндрю Линзи «Божественные права животных» (1987). Том Риган, профессор философии Университета Северной Каролины, считает, что люди и животные имеют много общих свойств (например, память или способность желать) и на этом основании следует признать за животными те же права, что и за людьми. Эндрю Линзи, доктор теологии, обосновывает наличие прав у животных с христианских позиций: по его мнению, все существа, исполненные Святого Духа, имеют равные права.

Как видим, основатели идеологии прав животных были достойными людьми, хорошо образованными, с широким кругозором и глубоко этичным отношением к людям и миру. Чего не скажешь о некоторых их последователях.

В первую неделю моей работы в Великобритании я с удивлением заметил, что, как только на улице или в автобусе начинаешь говорить с коллегами о науке, они моментально умолкают и показывают жестами, что я должен быть осторожнее. Потом я узнал, что они всерьез опасаются активистов прав животных. Иногда мне напоминали, чтобы я не оставлял бумаги с адресом на своем столе: активисты могут заслать шпиона под видом уборщика. Замечу, что место действия — загородный кампус, в здании круглосуточная охрана, которая всех знает в лицо, и, чтобы пройти, надо иметь специальную карточку...

Но я не назвал бы страхи моих английских коллег беспочвенными. В Университете Саутгемптона экотеррористы взорвали биологический факультет, убили нескольких студентов. В другой раз они напали на профессора биоло-

гии и отрубили ему руку. Когда понимаешь, что против тебя действуют люди не совсем вменяемые, поневоле становишься осторожным.

Сейчас я живу в Оксфорде и работаю в исследовательском центре недалеко от него. Прошлым летом экотеррористы объявили графство Оксфордшир наиболее вероятной мишенью своих акций. Особенно «постарались» они в июле 2004 года. Университет Оксфорда решил построить новое здание для работы с животными: нечто вроде большого вивария, в котором содержались бы животные для разных факультетов и исследовательских групп. Работа была в разгаре, и вдруг руководители компании получили письма, в которых сообщалось, что, если строительство здания не будет остановлено, информация о нем попадет в открытый доступ и всем не поздоровится. Одновременно была организована блокада близлежащих зданий биологических кафедр: никому не позволяли пройти внутрь.

Строительство здания прекратили. Теперь никто не берется его достраивать даже за большие деньги. А экотеррористы, окрыленные успехом, продолжают свои акции.

## Заменим крыс людьми?

Суббота 4 декабря 2004 года — день широко разрекламированной акции борцов за права животных. Иду с фотоаппаратом в сторону Научного парка — среди англичан любопытные вряд ли найдутся, но мне интересно. Чем ближе я к цели, тем больше кругом полиции. Здание обнесено забором, а на заборе — указ Суда ее величества, запрещающий подходить к стройке. Полицейские довольно много, но держатся вдалеке. Через дорогу, правда, стоит машина без опознавательных знаков. Отхожу чуть в сторону, делаю общий снимок здания. Грустно смотреть на этот унылый «долгострой». Здесь могли бы работать ученые, делать важные и нужные эксперименты... Но нет! Саботажники и шантажисты добились своего!

Подхожу к забору, чтобы запечатлеть для потомков указ. Но тут из черной машины выходят две милые леди в полицейской форме: «Сэр, можно вас спросить, что вы тут делаете?» — «Да так, — говорю, — хожу, фотографирую...» — «Сэр, вы должны покинуть это место! Мы ожидаем провокаций экотеррористов!»

Уныло бреду назад. С полицией спорить не принято. Впрочем, есть два утешающих факта. Во-первых, в России могли бы и морду набить, и камеру отобрать. А во-вторых, ведь это они меня, биолога, защищают от экстремистов.

Приближаясь к центру, замечаю, что полиция стало еще больше. Над городом кружат вертолеты, места, наиболее

подходящие для демонстраций, заблокированы гарантами закона, центр патрулируют наряды конной королевской полиции и даже спецгруппы на велосипедах (впервые в жизни такое увидел). Тут начинаю встречать и борцов за права животных. Поняв, что помитинговать им не дадут, они прибегли к остроумной тактике: группами по два-три человека разошлись по городу с плакатами и листовками. Вот женщина с плакатом «Animal tested drugs cause cancer!» — «Испытанные на животных лекарства вызывают рак!».

Что бы это значило? У кого рак — у животных или у людей, которые потом эти лекарства принимают? Наверное, все-таки второе. Мол, сколько ни испытывай лекарства на бедных зверушках, это не гарантирует безопасности. Неясно только, что делать, чтобы все стало хорошо, — пускать лекарства в продажу без испытаний, что ли? Но если лекарства оказались такими вредными после многолетних экспериментов на животных, что же будет без экспериментов?

Тут я увидел, что несколько активистов остановились и раздают пропагандистские листовки. Подошел, взял парочку. О чем пишут? Все о том же. «Эксперименты на обезьянах — безумие!» — на обложке симпатичная обезьянка в клетке. Вчитываюсь в текст. Обезьяны во многом не похожи на людей, мозг у них меньше — как будто бы все правильно. Но из этого выводится неожиданное следствие: эксперименты на животных надо прекратить. Людям не приходит в голову простая мысль: потому-то и существует наука биология, что некоторые результаты, полученные на одном объекте, можно распространять на другие. Классическая генетика сделана в основном на дрозофиле, эмбриология — на амфибиях, молекулярная биология и молекулярная генетика — на бактериях и вирусах. Тем не менее многие открытые этими науками принципы применимы и к человеку.

Вторая листовка. Симпатичная собачья мордочка, вопрос: «Неужели она похожа на тебя?» И неизбежный вывод: «Так она и реагирует по-другому!» Дальше знакомая песня: животные отличаются от человека, а потому все доклинические испытания лекарств надо прекратить. Хотя по сравнению с первой листовкой заметен прогресс — авторы задаются вопросом, что бы предложить взамен. И даже предлагают: сначала компьютерное моделирование и тестирование на культуре клеток, потом — испытание небольших доз лекарства на добровольцах.

Может быть, с точки зрения равенства животных перед Богом это и справедливо, но лично я не могу избавиться от пережитков специцизма. Людей-добровольцев, которые будут прове-

рять новые противораковые или другие сильнодействующие препараты, мне жалко гораздо сильнее, чем крыс и собак. И как быть с лекарствами, применяемыми в педиатрии и акушерстве, — их тоже испытывать на добровольцах? То есть на детях и беременных женщинах? Такого, пожалуй, не бывало со времен нацистских лагерей. Кстати, старина Мюллер, не тот, что в фильме про Штирлица, а реальный исторический Генрих Алоиз Мюллер, тоже, как пишут мемуаристы, любил животных, рыбок дома держал...

С такими грустными мыслями я побродил еще немного по городу и, убедившись, что полиция держит ситуацию под контролем, отправился на работу. Был выходной, но хотелось заняться делом.

## О дальних последствиях

Мне самому доводилось общаться с борцами за права животных. Многие из них — умные и интересные люди, со своим особым отношением к жизни и ко всему живому. Единственное, чего у них нет, — целостной картины происходящего вокруг. Они даже и не пытаются ее выстроить. Впрочем, не одни они.

Думаю, что борьба за права животных, какой мы ее видим сегодня, — в значительной степени следствие инфантилизма, неспособности увидеть связь между процветанием и научно-техническим прогрессом. Людей не беспокоит, откуда берутся лекарства, одежда, еда, деньги в государственном бюджете. Жалко зверушек — давайте протестовать. Что-то изменится к худшему в результате наших протестов — станем протестовать против этих перемен.

В последнее время у нас тоже заговорили о правах животных, и, к сожалению, на том же невысоком интеллектуальном уровне. Здесь я хочу сделать оговорку: в России уже есть закон о жестоком обращении с животными, и это правильно. Если кто-то мучает живое существо исключительно из садизма, это должно быть пресечено. Однако большинство людей все-таки не садисты. Мы используем животных в пищу, держим их у себя дома, дрессируем собак и ездим на лошадах. И разумеется, современная цивилизованная страна немыслима без научно-технического прогресса, в частности без биотехнологий, фармацевтики, медицины и сельского хозяйства. Так вот, попробуем предположить, что произойдет, если права животных в России будут соблюдаться столь же строго, как в Европе. Я утверждаю, что, если нашей власти вдруг вздумается «подтянуть» законодательство в этой сфере к европейскому уровню, это приведет к самым плачевным последствиям.

Мы знаем, в каком состоянии сейчас находится наше животноводство. А бу-

дет еще хуже, если мы примем европейские стандарты паспортизации животных. Совершенно ясно, что возрождению сельского хозяйства это не поспособствует, зато пополнит карманы бюрократов.

Что касается науки, у нас в стране существуют определенные правила содержания животных и проведения экспериментов. В основном они касаются исследований, потенциально опасных, таких, как генная инженерия, изучение рака, инфекционных заболеваний. Что ж, законы эти разумны, и их надо соблюдать. Только не нужно копировать западную систему контроля и лицензирования.

Как ни тяжело современное положение российской науки, у нас есть и преимущества — большая, по сравнению с Западом, свобода творчества и менее жесткий бюрократический контроль. А если введут тотальную систему лицензирования, да еще платного (а бесплатным оно не будет, иначе зачем вообще лицензировать?), — это крепко придушит большинство лабораторий. Зато будем гордиться цивилизованностью наших законов...

Кстати, по моему мнению, лицензирование сильно бьет и по не столь бедной западной науке. Некоторые умеренные «борцы за права животных» говорят: «Я не против, когда преданные науке исследователи проводят эксперименты, желая помочь людям, облегчить страдание больных. Но вот чего я никогда не смогу принять — что фирмы, особенно косметические, мучают животных ради прибыли!» В этом есть логика. Однако своими протестами борцы за права животных могут добиться противоположного эффекта. Вряд ли эксперименты на животных совсем отменяют, зато могут сказать: «Под давлением общественности мы идем на компромисс — ужесточим лицензирование научной деятельности, чтобы животные меньше страдали». Понятно, что при ужесточении законодательства выиграет тот, у кого больше денег. За курсы, сертификацию, лицензирование, напомним еще раз, надо платить. Таким образом, крупные компании, в том числе производители косметики, улучшат свое положение, оттеснив небольшие исследовательские коллективы, а ученые-энтузиасты, напротив, проиграют.

Сегодня выходом для части наших биологов могло бы стать биологическое тестирование лекарств и косметики для западных компаний. Стыдно, конечно, плестись в хвосте у Запада, но это хотя бы позволит выжить. В любом случае относительная свобода проведения экспериментов над животными — наше потенциальное преимущество (на фоне огромного количества минусов — отсутствия финансирования, экспериментальной базы и реактивов, четкой стратегии у власть имущих, уважения к труду ученых...). Лучше иметь это преимущество, чем не иметь.

Нужно ли нам соблюдать права животных или нет? У меня предложение: займемся для начала охраной прав одного биологического вида — человека разумного, или *Homo sapiens*, принадлежащего к семейству гоминид (*Gomipidae*) отряда приматов (*Primates*). Давайте попытаемся обеспечить в границах Российской Федерации права представителей этого вида на жизнь, отдых, нормальное питание, нормированный рабочий день, свободу передвижения и тому подобное, а затем уже начнем переносить накопленный опыт на другие виды.

## Что еще можно прочитать о правах животных

Сайт британского Министерства внутренних дел <http://www.homeoffice.gov.uk/rds/scientific1.html>

Питер Сингер. Освобождение животных. Серия: Охрана дикой природы. Вып. 29. Киевский эколого-культурный центр. Киев. 2002

Том Риган. В защиту прав животных. Эндрю Линзи. Божественные права животных. Сокращенный перевод с английского А.Елагина и Е.Мигуновой. Охрана дикой природы. Вып. 37. Киевский эколого-культурный центр. Киев. 2004.

Борейко В. Е. Прорыв в экологическую этику. Киевский эколого-культурный центр. Киев. 2005.



РАЗМЫШЛЕНИЯ



# Биореактор на месте свалки

Кто и как может разгрести горы мусора, которые накапливаются вокруг городов и деревень?

Какие способы используют сейчас специалисты коммунального хозяйства и есть ли альтернатива?

С этими вопросами обозреватель «Химии и жизни»

М.Б.Литвинов обратился к сотруднику Института микробиологии

РАН им. С.Н.Виноградского, кандидату биологических наук

А.С.Саввичеву и депутату Московской городской думы,

также кандидату биологических наук, И.Ю.Новицкому.



А.С.САВВИЧЕВ:  
«ПОЛИГОН ТБО —  
ЭТО БИОРЕАКТОР»



**Как сейчас борются с бытовым мусором и почему эти способы не всегда нас устраивают?**

Традиционный способ борьбы с мусором — полигоны твердых бытовых отходов (ТБО). Это и понятно: что может быть проще, чем зарыть ненужное в землю? В России это вообще основной способ утилизации чего бы то ни было, но и в других странах мусор тоже обычно закапывали.

Почему появились другие методы? Потому что не осталось места — отходы стало некуда складывать. И это не единственная проблема. Как только резко вырос объем мусора, стало ясно, что свалки портят окружающую среду. Во-первых, из них вытекают жидкости, так называемые «личаты», которые затем попадают в грунтовые воды. Во-вторых, выделяются газы. Сначала людей беспокоили неприятные запахи, а потом стали много говорить о парниковых газах: метане и  $\text{CO}_2$ . Эта тема, наверное, лучше всего представлена в нынешней научно-популярной литературе.

Сейчас неспециалисты, полуспециалисты и некоторые специалисты считают, что ТБО надо сжигать. Однако никто не хочет, чтобы мусоросжигательный завод находился рядом с его домом. Известно, что при всяком сжигании, особенно плохо горящих веществ, выделяется дым, который может содержать токсичные вещества. Для его улавливания и нейтрализации разработано немало технических приемов, но это стоит боль-

ших денег. К тому же оборудование может сломаться. Конечно, мусоросжигательные заводы важны и нужны, но всех проблем они не решат.

Есть и такое мнение: справиться с ТБО можно, если наладить сортировку мусора и как можно больше фракций пускать в оборот. Пластики, например, вместе с крошкой от стекла пригодны для добавления в бетон, бордюрный камень, плитку и другие изделия, бумага — для переработки в дешевый картон. Эти технологии есть, но где-то их выгодно применять, а где-то нет.

Нужно учитывать еще, что состав ТБО не всегда одинаков. На Западе значительную его долю составляет растительный мусор. Понятно, там возле домов есть участки с газонами и кустарниками, у нас же зеленых насаждений меньше. Когда растительных отходов много, выгодно использовать еще один способ — компостирование. Готовят, к примеру, вермикомпосты — с применением червей. У нас этим занимаются, в частности, на факультете почвоведения МГУ, да и в других организациях. Пищевые остатки и растительный мусор могут составлять основу компоста, однако для этого мусор нужно как следует отсортировать. Если в компосте окажутся ядовитые вещества, какая от него будет польза?

Московские власти прилагают немало усилий, чтобы наладить раздельный сбор мусора непосредственно силами жителей. Однако пока особых успехов в этом деле нет. Одного лишь просвещения и убеждения оказалось недостаточно. Необходимы дополнительные стимулы, а не только плакаты с указаниями, куда складывать стекло, куда банки, а куда пластик. Но все же это самый цивилизованный способ бороться с мусором, и поэтому не стоит опускать руки.

Есть и другие пути. Так, химики разрабатывают полимеры, которые легко и быстро разлагаются в природе (см. июльский номер «Химии и жизни» за этот год. — Прим. ред.). Из них можно делать упаковку для продуктов и других товаров. Однако такая упаковка тоже должна разлагаться не на газоне, а на свалке. И стоят эти полимеры пока больше, чем обычные, трудноразлагаемые.

**Получается, что без свалок сейчас не обойтись?**

Да, но бояться их не надо. Не так уж все плохо на действующих полигонах ТБО. Как всегда, проблемы начинаются там, где плохо соблюдаются технологии. Полигон ТБО, как и любое производство, нуждается в заботливом хозяине. Чтобы задержать распространение стоков, необходимо укреплять водоупорные защитные дамбы, как следует пересыпать отходы грунтом и т. д. Такие полигоны есть, и там все в порядке. В Подмосковье, например, это Хметьево. Уверен, что негативное общественное мнение о полигонах ТБО вызвано тем, что многие из них работают выше пределов своих возможностей. А главная беда — это стихийные свалки.

Все больше специалистов соглашается с тем, что полигоны ТБО должны быть реабилитированы в глазах общества, — но только те, где работают по схемам, а не просто сваливают мусор. А кроме того, необходимо улучшать существующие технологии. Нужно учитывать, что грунт везде разный, различаются условия дренажа, состав мусора. Предстоит еще выяснить, как лучше его уплотнять, до какого состояния и как тратить те минимальные деньги, которые все же отпускают на сортировку, чтобы на полигоны не попадали опасные вещества в запределных концентрациях.



**Все нынешние способы предусматривают механическую переработку мусора. Можно ли каким-то образом воздействовать на сами процессы разложения?**

К этому я и хотел перейти. У специалистов-микробиологов появилась идея: рассматривать полигоны ТБО как искусственно-природные системы, биореакторы. Почему биореакторы? Потому что в толще мусора идут биологические процессы, работают макро- и микроорганизмы, и осуществляются закономерные, последовательные реакции, приводящие к деструкции органических веществ. Одновременно идут химические реакции, физико-химические процессы, уплотнение, изменение влажности, создание определенных слоев, газовых полостей и т. д. В результате (в идеале,

**Слой отходов на полигонах ТБО после уплотнения переслаивают грунтом**



**ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА**

конечно) вся органика превращается в углекислый газ, который уходит в атмосферу, а остальное вещество (металлы, стекло и другие минеральные фракции разного размера и формы) уплотняется, и потом на этой территории опять можно складывать мусор. Или разрыть его остатки и снова рассортировать — может быть, какие-то компоненты будет уже проще превратить в полезные вторичные продукты. Таким образом, современный полигон — это природно-искусственный биореактор. И коль скоро в нем работают микроорганизмы, этими процессами можно управлять, то есть создать биотехнологию.

**Разложение органики происходит и в природе. Можно ли использовать ее «технологии»?**

Достаточно хорошо описаны процессы, происходящие в донных осадках пресных водоемов. Как правило, в их верхних слоях — аэробный режим, а немного ниже начинается анаэробноз. Сначала там идет брожение, работают микроорганизмы — факультативные анаэробы. В аэробной фазе они тратят весь кислород, который им доступен, а затем переходят к брожению: все органические полимеры — углеводы, белки — превращают в летучие жирные кислоты (к ним относятся уксусная, масляная, пропионовая) и спирты — в то, чем пахнет силосная яма. А кроме того, при брожении выделяется много водорода. После этого начинают работать другие группы бактерий: гомоацетатные бактерии, образующие уксусную кислоту из водорода и  $\text{CO}_2$ , а в конце — самая мощная группа, метаногены. Это отдельная группа микробов, они относятся к археям и живут в строго анаэробных условиях. Археи — древние безъядерные клетки (прокариоты), их раньше относили к бактериям, а сейчас они имеют равную таксономическую позицию с бактериями и эукариотами (имеющими ядро). Это очень интересные живые существа — археи исследуют генетики, их ищут на Марсе. У нас на Земле они выделяют метан, который

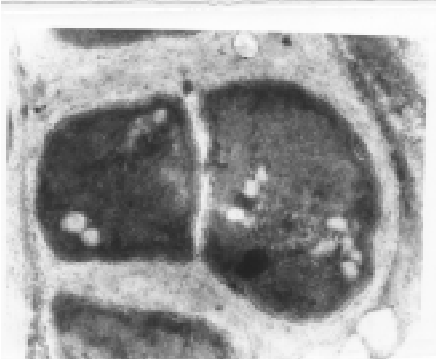
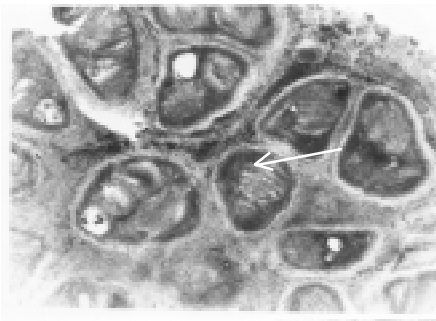
вместе с углекислым газом поступает из донных осадков в водную толщу и там постепенно окисляется другой группой микроорганизмов. У них похожее название — метанотрофы, то есть питающиеся метаном. Это истинные бактерии, строгие аэробы, им нужен кислород, и весь этот метан они постепенно окисляют и превращают в  $\text{CO}_2$  и в собственную биомассу.

Что же происходит на полигоне ТБО, например в Хметьево? Слой уплотненного мусора в три метра толщиной засыпают прослойкой грунта. Потом опять идут три метра ТБО, снова засыпка и так далее. Мусор перебраживает, разлагается, и в результате из трех метров остается примерно один. При разложении образуется метан вместе с углекислотой и уходит в атмосферу, потому что засыпка слишком тонкая и метанокисляющие бактерии в ней не способны справиться с его потоком, идущим снизу.

Многие климатологи сейчас очень озабочены выделением метана, ведь это один из парниковых газов. Получается, что на полигонах тот углерод, который мог бы превращаться в углекислый газ, выделяется в виде метана...

Когда начались дискуссии о парниковом эффекте, встал вопрос, как же мы будем бороться с метаном. Первое, что в таких случаях всегда произносят так называемые «экологи» (экоактивисты, или «зеленые» активисты), — закрыть полигоны. Им в общем-то все равно, куда девать мусор, их это не интересует. Точно так же они выступают против мусоросжигательных заводов. Но кому-то другому думать об этом приходится.

Интересное решение придумали в некоторых западных странах, где тратят большие деньги на полигоны, — там метан собирают. Тело биореактора пронизывают трубами с перфорацией, из них откачивают метан, но его не просто удаляют, а используют для получения электричества. Тут надо вспомнить, что в Бирме, Южной Индии, Южном Китае из растительных отходов делают биогаз — основной источник энергии в сельской местности. Тратить его на отопление домов там не требуется, но можно сжигать, чтобы готовить пищу. Добывать биогаз просто: взял солому, навоз, положил в бак — и больше ничего не надо. Полигон тоже производит достаточно метана для выработки тепла и электро-



**Электронная фотография мембранных структур, на которых происходит окисление метана, указаны стрелкой**

энергии. Но у нас слишком холодно, чтобы эта технология работала круглый год, и получается дорого, а кроме того, у нас есть природный газ и метан пока нам не так уж и нужен.

Еще вариант — поступить наоборот: прекратить анаэробные процессы и запустить аэробные. Для этого нужно установить компрессоры и продувать тело полигона воздухом. Тогда в нем будут развиваться аэробные организмы и окислять органику до конца, до углекислоты. Идея интересная, перспективная. Владимир Ефимович Мурашов, замдиректора ГУПа под названием «Промотходы», применил и подробно описал этот способ в кандидатской диссертации. Он выглядит достаточно эффективным, но пока не используется.

В нашем институте решили попробовать еще один метод. Мы подумали: «Что, если оставить мусор разлагаться без всяких труб, без кислорода, но при этом как-то по-другому, без больших затрат воздействовать на микроорганизмы? Тогда мы сможем создать управляемый реактор, который будет работать как единый организм или как замкнутая экосистема. Пусть там образуется метан. Это нормальный процесс, и мы не будем с ним бороться. Больше того, мы будем его ускорять разными приемами, чтобы деструкция происходила быстрее. Но над толщей разлагающегося мусора мы создадим верхние покровные слои, которые будут удалять метан, словно в природной экосистеме. Сделаем, например, как в водоеме, где одни организ-

мы вырабатывают метан, а другие потребляют. Такова была наша идея.

Однако любую идею должны воплощать в практику не только ученые, но и администраторы, политики. Мы обратились к депутату Московской городской думы Ивану Юрьевичу Новицкому, которому наше предложение понравилось. Он написал официальное письмо в Московский комитет по науке и технике о том, что неплохо бы провести опытные работы — как лабораторные, так и непосредственно на полигоне, — чтобы отработать конструкцию такого замкнутого организма и способы воздействия на него. Другими словами, создать полигон ТБО нового типа. Генеральный директор МКНТ, Владимир Григорьевич Систер, заинтересовался этим предложением и поддержал два проекта. Исполнителем одного стал наш Институт микробиологии, а второго — Институт физиологии растений, тоже академический. Сотрудничество двух этих учреждений было принципиально важно, потому что такая биотехнология осуществляется не в колбе, не в чане, а в природном теле и нужно следить за всеми его компонентами.

#### Какие специалисты нужны для работы над этими проектами?

Для человека, который привык рассматривать задачу с разных точек зрения, очевидно, что такая биотехнология может быть хороша, если она приближена к каким-то природным моделям и работать над ней будет не только химик, или только технолог, или только микробиолог. Задачу удастся решить, когда за нее возьмутся все вместе: химики, и технологи, и микробиологи, и, конечно, специалисты по физиологии растений. Они помогут создать «кожу» — тот покров, который будет улавливать метан. Тут будут трудиться не только микроорганизмы, но и растения, и это уже будет не грунт, а почва. Растения пронизут грунт корнями, разрыхлят его, и в этой дисперсной системе увеличится площадь поверхности для обитания микроорганизмов — это и корневые волоски, и мелкие почвенные частицы. На каждой из них будут работать микробы. А если рыхления нет, то грунт уплотняется, слипается и разложение тормозится.

Теоретически все понятно, но для перехода к практике нужна конкретная научная работа — например, чтобы выбрать растения с корневой системой, устойчивой к метану. Кроме того, к нему должны быть устойчивы микробы-симбионты, живущие на корнях. В-третьих, хотелось бы, чтобы об-

#### Интенсивность выделения газов с поверхности полигона ТБО измеряют с помощью специальных камер



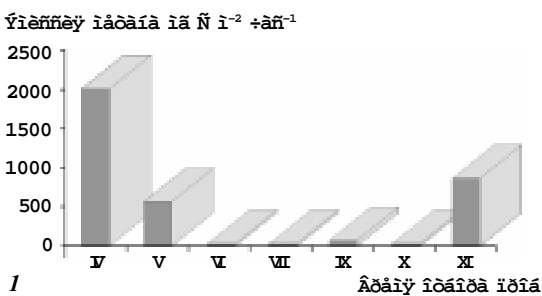
становка, которая создается потоком газа, стимулировала развитие всей этой экосистемы. А для этого нужны лабораторные и полевые испытания.

#### Нужно ли выращивать «полезных» микробов и добавлять их в мусор?

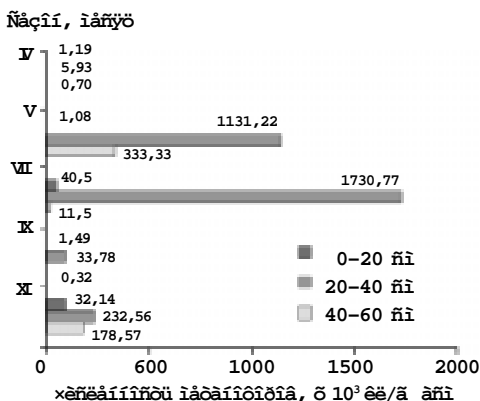
Микробов в тело полигона вносить не нужно, они там появляются сами — это догма природоведческой микробиологии. Почва всегда содержит практически все микроорганизмы. Некоторые отлучили в ней растут, а другие «спят» и ждут, когда что-то изменится. И вот если в почву внести какое-то вещество, те микробы, которые хорошо его усваивают, начнут размножаться. Значит, и нам нужно подобрать подходящие органические и неорганические вещества, определить их количество, кратность внесения и добавлять в тело полигона. Желательно брать не те, которые стоят дорого, а дешевые или вообще ничего не стоящие отходы.

Прежде всего это активный ил с полей аэрации, содержащий метаногены и множество веществ, стимулирующих начальную стадию разложения. Годятся и отходы биотехнологических производств, такие, как молочная сыворотка. Я бы сравнил их со щепками при разжигании костра. Как мы разжигаем костер? Подкладываем щепочки и машем. Огонь сначала разгорается плохо, перестанем махать — пламя гаснет. И вдруг в какой-то момент оно вспыхивает, и его уже не нужно поддерживать. С биореакторами тоже так бывает: процесс долго не идет, а потом неожиданно запускается — это можно заметить и по расходу сырья, и по выделению продукта. Так вот, на полигонах самое главное — уменьшить латентную стадию, при которой мусор лежит и разлагается очень медленно. Органика послужит запалом, создаст самую первую вспышку, как сухая щепка в костре.

Второй компонент — это малоочищенные минеральные удобрения, которые содержат всем известные биогенные



1 Сезонные изменения потока метана с экспериментальной площадки действующего полигона ТБО



2 Численность метанотрофных бактерий в покровном грунте полигона ТБО в различные сезоны



элементы: азот, фосфор, калий и другие, нужные микроорганизмам для обильного роста. Правда, в отходах, содержащих много органики, азота и фосфора хватает, но они находятся именно в органической фазе, а в насыпанных прослойках этих элементов мало. Они не сразу туда просачиваются, и если добавить удобрения — не те, что везут на поля, хорошо очищенные, а самую дешевую фракцию — все пойдет намного быстрее.

Кстати, внесение известки — тоже способ управления сообществом микробов, поскольку оно изменяет pH среды. Можно досыпать в реактор известняк, а можно — дешевую доломитовую крошку, карбонат калия и магния. Так возможно управлять реакциями, протекающими в биореакторе.

### **Как можно контролировать ход разложения органики?**

Стандартных способов контроля пока нет. Ученые проверяют состав микробного сообщества, степень и скорость уплотнения. При бурении тела полигона вынимают также фракции мусора и смотрят, в каком они виде, разложились или нет. Ставят газовые колпаки, чтобы улавливать метан и измерять, сколько его выделяется. Как правило, это делали на уже рекультивированных полигонах. Ну а для обыкновенного человека критерий должен быть эстетический: чтобы после закрытия полигона не осталось ни плохих запахов, ни отвратительного пейзажа. Не стоит обольщаться: в ближайшие после рекультивации десять лет не может идти речи ни о строительстве на этой территории, ни о сельском хозяйстве. А вот выращивать елки на Новый год — почему бы и нет.

Такие работы уже ведутся, и сейчас проекту два года. У нас есть патентная заявка на создание технологии верхнего защитного фильтра, в котором будут работать метаноокисляющие микроорганизмы. Проект не закончен, и растения еще не подобраны. Но мы уже учимся управлять защитной «кожей» биореактора и процессами, которые идут внутри него. А это — микробные процессы.

### **Вероятно, даже после того, как разложится вся органика, в остаточных фракциях все-таки останутся некоторые загрязнения и медленно разлагающиеся полимеры.**

Да, эта проблема пока не решена. Сейчас любой городской мусор с улиц содержит тяжелые металлы от автомобилей. Детали трутся, и образуется металлическая пыль, которая посыпает придорожный грунт, а при уборке попадает на свалку. Часть металлов растворяется, уходит в личаты. Дело еще в том, что при брожении образуются кислоты, из которых основные — молочная и уксусная. Из-за них подвижность тяжелых метал-

лов повышена, хорошо это или плохо. Хорошо ли, что они остаются на месте, или в растворе их легче будет поймать?

Это очень серьезная проблема, и пока трудно себе представить, как можно сделать процесс очистки личатов замкнутым. По идее, конечно, на полигонах должна быть полная система дренажа, и всю жидкость, которая оттуда выливается, нужно очищать. Необходимо создать очистные сооружения, использующие комплексные технологии.

Возможно, тяжелые металлы удастся нейтрализовать, хотя бы частично. В щелочной среде они образуют малорастворимые гидроксиды, и, чтобы создать такую среду, можно добавлять известняк. Кроме того, в анаэробных условиях будет образовываться сероводород и связывать ионы тяжелых металлов, а сульфиды начнут выпадать в осадок.

Одно можно сказать с уверенностью: монотехнология при очистке, основанная только на одном приеме, например осаждении чего-то, — это утопия. Должна быть технология-трансформер из нескольких процессов, которые можно комбинировать в зависимости от того, какие отходы нужно перерабатывать. А переработка личатов необходима, никуда не денешься.

### **И.Ю.Новицкий: «УТИЛИЗАЦИЯ МУСОРА — КОМПЛЕКСНАЯ ПРОБЛЕМА»**



### **Расскажите, пожалуйста, о том, как экономические проблемы вывоза и переработки мусора соотносятся с научными и природоохранными.**

Я бы начал с нашей новейшей истории. В начале 90-х экономика вошла в противоречие с экологией, и вот почему. В 80-е годы вывоз мусора, как и все остальное в те времена, происходил централизованно. Определяли места под полигоны, и технологии там в общем соблюдались. В 90-е годы хозяйствующие субъекты получили самостоятельность. Это привело к тому, что каждая городская ДЕЗ начала сама заключать договора на вывоз мусора. А в Подмосковье районные и городские власти стали организовывать свои небольшие свалки, чтобы получать за это деньги. Понятно, что у них не было средств, чтобы делать все по правилам, как на хорошо оборудованных полигонах. Мусор просто сваливали где-нибудь в старом карьере, нередко — в лесопарковой защитной полосе. Куда потекут стоки из этих карьеров, оборудован ли там дренаж и соблюдаются ли технологии — никого не волновало. Московским коммунальщикам это тоже оказалось на руку: мусор можно было везти не за 100 км, а за 20–30. Поскольку транспор-



## **ТЕХНОЛОГИЯ И ПРИРОДА**

тные расходы составляют основную долю затрат по вывозу твердых бытовых отходов, экономия получалась заметная. И все были довольны, однако никто не думал ни о природе, ни о местных жителях. При этом настоящие полигоны несли убытки. Так было в неорганизованные 90-е годы. Потом и московские, и подмосковные власти обратили на это внимание, и стихийные свалки начали закрываться.

В целом это хорошо, потому что соблюдать технологии можно только на крупном, оснащенном предприятии, то есть на полигоне. Там легче использовать современное оборудование и даже, как мы видим, разрабатывать биотехнологии. Однако нужно помнить, что проблема мусора — комплексная, для ее решения требуются и инженерные подходы, и юридические, и экономические, и, конечно, научные, о которых говорилось выше.

Экология здесь напрямую связана с экономикой. Чтобы не наносить ущерба природе, приходится затрачивать больше средств. Новые территории под полигоны рядом с городами не появятся, значит, нужно или вывозить мусор дальше, или строить мусоросжигательные заводы, или налаживать сортировку. А чтобы оснастить полигон или завод хорошим оборудованием, необходимы инвестиции. Особая проблема — радиоактивные, опасные и медицинские отходы, которые также нужно захоронить, сжигать или уничтожать по особым технологиям.

Вывозить мусор из контейнеров выгоднее на маленьких машинах, они более экономичны, и ездить по городу на них проще. ТБО надо доставлять на станции, расположенные на окраинах, и там проводить перегрузку, прессовку, сортировку. Часть отходов пойдет на переработку, сжигание, на утилизацию. А часть (органику, например) можно большими грузовиками отправлять на полигоны.

В общем, утилизация мусора — комплексная проблема, для решения которой требуются и биология, и химия, и физика, и экология, и экономика, и логистика, и юриспруденция, и другие науки.



# Мясо

## милосердия

### О печальной судьбе поросенка

Вряд ли кто-нибудь, побывав на свиноферме, точнее, в том ее отделении, где выращивают поросят, может забыть любопытные пяточки, которые тянутся из загончика к вошедшему человеку, и умные черные глазки над этими пяточками. Но лишь немногие осознают весь ужас вошедшей в нашу жизнь трагедии: миллионы умных, красивых, радостных существ должны отдавать свои жизни лишь потому, что их тела состоят из вкусного мяса. И конца этой трагедии нет: чтобы там ни говорили вегетарианцы, именно мясо — высшая ступень переработки солнечного света, воздуха и минералов земной коры и, значит, самая насыщенная энергией и питательными веществами еда. Оно необходимо для того, чтобы человек был человеком с его высоким уровнем развития интеллекта.

Некоторых эти печальные мысли побуждают к действию. Например, акаде-

искусственной пищи: получением искусственного мяса. В отличие от несмеяновского подхода — все составляющие пищи синтезировать химическим путем — на новом витке развития идеи решено все-таки использовать биосинтез, а именно: взять технику тканевой инженерии, когда какую-то ткань выращивают в реакторе из клеток-предшественников, нанесенных на носитель соответствующей формы, а потом пересаживают пациенту. Согласно расчету, сейчас стоимость такого мяса исчислялась бы миллионами долларов за килограмм, но надежда ученых связана с чрезвычайно быстрым развитием и фантастическим удешевлением продукции высокой технологии по мере расширения рынка. «Первые ЭВМ тоже стоили очень дорого, а теперь куда более мощные компьютеры имеются чуть ли не в каждом доме», — говорит один из энтузиастов метода доктор медицинских наук Дж.Матени из Мэрилендского университета, который вместе с коллегами из США, Голландии и

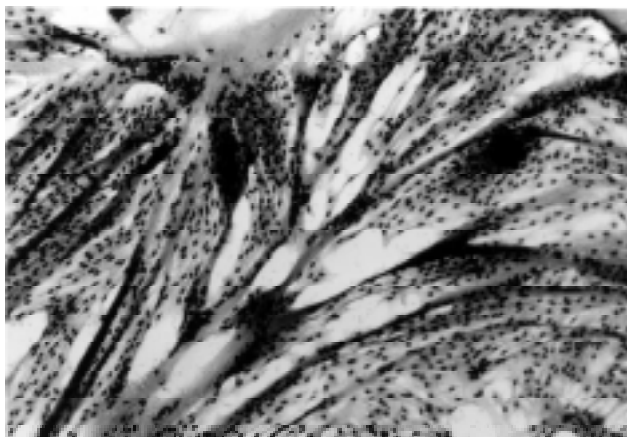
стов, у взрослого организма — из сателлитных клеток. И те, и другие делятся, сливаются, и возникают клетки скелетных мышц с большим числом ядер. Отсюда понятно, что размножить в культуральной среде сами мышцы бессмысленно — они не способны делиться. Эмбриональные стволовые клетки тоже оказываются не лучшим источником мяса — нужно затратить немалые усилия для того, чтобы заставить их превратиться именно в миобласты. Поэтому наиболее подходящим источником ученые считают сателлитные клетки.

Опыты по размножению мышц из сателлитных клеток ставили, и не один раз. Значительная часть интересных результатов принадлежит биологам из Университета Южной Дакоты во главе с доктором Д.С.Мак-Фарландом. Они выделили склонные к размножению сателлитные клетки из мускулов цыплят, индейки, поросят, ягнят и телят и подобрали такие культуральные среды, а также носители, которые позволили получать в большом количестве незрелые мышечные клетки — миотрубки. Потом их можно заставить дифференцироваться в полноценные мышечные волокна. И в результате действительно удается получить мясо! Впервые успеха добились О.Кэттс и И.Зурр в 2002 году, хотя патент на промышленное выращивание культурального мяса принадлежит голландским ученым с приоритетом от 1999 года.

### Тренировка мяса

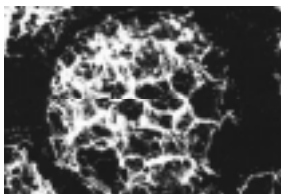
Если все сделать так, как было сказано, то получится смесь мышечных клеток, и не более. Такое лишенное структуры мясо годится только для переработки, например, на фарш для сосисок или гамбургеров. Гораздо сложнее создать мясо, которое обладало бы структурой. Здесь возможно несколько вариантов.

Первыми к решению такой задачи вплотную подошли М.Бенджаминсон, Дж.Гилхрист и М.Лоренц, которые, следуя героям рассказа «Тру-ру-ру-ру» Роберта Сильверберга, решили обеспечить астронавтов в длительном полете полученными на борту свежими продуктами, только не молочными, а мясными. Для своих опытов они взяли кусочки мускулов карася и поместили



*Сателлитные клетки индюшки, растущие на полимерных бусинах в реакторе*

*Пористые коллагеновые микросферы*



мик А.Н.Несмеянов всю жизнь мечтал об окончании эры поедания человеком живых существ и потратил многие годы на создание искусственной пищи. Увы, технологии середины XX века оказались недостаточно развитыми для успеха этого грандиозного проекта; даже в знаменитую несмеяновскую икру пришлось добавлять продукты животного происхождения: сначала желатин, а потом и отвар осетрины.

Однако идея оказалась живучей, и в начале XXI века во всем мире стали появляться группы, которые занялись прямым решением основной проблемы

России основал специальное общество для развития технологии выращивания мяса в пробирке. И так, какие же имеются предпосылки для выращивания мяса в культуральной среде?

### Мышцы из клеток

Мясо — это мышечные клетки. Для того чтобы оно было вкусным, их нужно организовать в определенные структуры — мышечные волокна, между которыми следует расположить прослойки жира и соединительной ткани. Мышечные клетки получают двумя путями. У эмбриона они возникают из миобла-

их в культуральную жидкость, где предварительно была размешана суспензия карасиных мышечных клеток. Спустя неделю поверхность кусочков увеличилась на 79%, а в контрольном опыте, без суспензии клеток, — всего на 10%.

Выращивание отдельных кусочков, несомненно, обеспечивает воспроизведение присущей мясу структуры, поскольку в них есть все типы необходимых клеток, но, вот беда, — кровеносные сосуды не растут. Поэтому толщина кусочков не превышает полмиллиметра: именно на такое расстояние в ткань проникает питательный раствор. Однако самый главный недостаток в том, что рыбок все равно приходится убивать, чтобы наделать из их мышц достаточное количество кусочков.

Применение же чисто клеточных методов позволяет обойтись практически без убийства животных. Вообще-то никто не считал, сколько раз может делиться мышечная клетка. Но если взять среднее значение предела Хейфлика, то есть около 75 делений, то нынешнее годовое потребление мяса человечеством способна обеспечить одна единственная клетка. Вдобавок тот же Мак-Фарланд заметил, что сателлитные клетки, клонированные из мышц грудки индейки, вырабатывают теломеразу. Это намек на возможное бессмертие линий таких клеток.

Альтернативой кусочкам служит выращивание групп разных клеток на съедобном носителе. Важно, чтобы этот носитель мог легко и обратимо менять свой размер. Тогда, сжимая и растягивая мышечные клетки, можно попытаться моделировать природные нагрузки в надежде, что мясо обретет желаемую структуру. Такие материалы есть: это пористые микросферы из целлюлозы, алгината, хитозана или коллагена. Все они способны значительно, минимум на 10%, изменять площадь поверхности при небольшом изменении температуры или кислотности среды. Правда, до сих пор никто не проверил, действительно ли циклические колебания размера носителя скажутся на росте прикрепленных к ним клеток мышц, жира и фибробластов.

Еще один подход — применение огромных пористых и упругих мембран. Если их периодически растягивать и сжимать, мышцы тоже будут тренироваться. Конечный продукт в этом случае будет представлять собой тонкие слои структурированного мяса, которые затем можно свернуть в трубки требуемого размера и использовать для приготовления пищи.

Ну а чтобы сделать объемный кусок мяса, неотличимый от настоящего, придется много поработать мозгами и руками. Главное здесь — создать сосудистую систему и нанести на нее клетки мышц для последующего обра-

стания. Добиться этого можно, применяя известный в металлургии метод изготовления отливок по выплавляемым моделям. На первом этапе из легкоплавкого материала формируют каркас. Затем на его поверхность нанесут коллаген или какой-нибудь другой биосовместимый полимер. Потом исходный материал выплавляют, и получается сетка полых полимерных сосудов. Это и будет носитель. Пока еще такой метод не получил широкого развития в тканевой инженерии, но причина, видимо, в отсутствии среди биологов грамотных материаловедов. Вряд ли для строителей космических кораблей создание системы полых сосудов — неразрешимая задача.

## Среда

Кроме носителей и подбора клеток, собственно формирующих мясо, огромное значение играет культуральная среда. Ведь в ней, помимо питательных веществ, должны быть еще и всевозможные гормоны, управляющие ростом клеток, а также система утилизации отходов. В живом организме этим занимаются железы внутренней секреции. Очевидно, что, раз уж мы решили максимально упростить систему, придется обойтись без этих желез.

Оказывается, для нормального роста клеток мышц нужен всего-навсего один фактор роста, вырабатываемый внешним источником. Это инсулиноподобный фактор I. Его синтезируют клетки печени — гепатоциты. Вот ихто и надо добавить в культуру мышечных клеток, в придачу к фибробластам и жировым клеткам. Однако с факторами не все так просто, как кажется. Фактор I, способствующий митогенезу, нужен лишь на второй фазе получения культурального мяса. А на пер-



*Баранина, выращенная в чашечке Петри*

вой, когда исходные клетки дифференцируются и превращаются в многоядерные миотрубки, требуется инсулиноподобный фактор II. Его вырабатывают сами мышечные клетки. Поэтому система должна уметь менять содержание обоих факторов роста.

Что же касается культуральной среды, то обычно в ее состав входит сыворотка крови. Это вещество для проекта не годится, ведь кровь ниоткуда, кроме как из животных, не возьмешь. Эксперименты, поставленные и Мак-Фарландом, и Бенджаминсоном, показали, что в этом деле сыворотка — не



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

главное. Оказывается, ее вполне можно заменить, например, на экстракт из грибов мицелие, причем он обеспечивает даже большую скорость роста мышечных клеток. Еще может подойти суспензия липидов, таких, как сфингозин 1-фосфат.

## Машинка для производства мяса

Теперь носители с закрепленными клетками и питательную среду следует поместить в биореактор. Подобные реакторы уже существуют, причем отнюдь не лабораторных, а промышленных размеров. Так, для изготовления биопленок на носителях в виде гранул есть реакторы с мощностью 30 кг биомассы на кубометр.

Примостившись где-нибудь в углу стола, такой реактор, возможно, уже в этом веке станет непременным атрибутом кухни. Конечно, культуральное мясо требует множества исследований, необходимо отработать технологии и радикально сократить стоимость. Однако принципиальных трудностей на пути к его получению, кажется, нет. Не меньшие усилия придется затратить для того, чтобы убедиться в безопасности такого мяса. Одно упоминание о теломеразной активности культуры клеток грудки индейки чего стоит — это же свойство, присущее раковым клеткам! В то же время такой метод получения куриных ножек или свиной вырезки сулит очередную революцию в сельском хозяйстве с качественным ростом производства мясных продуктов. Кроме того, это мясо, будучи выращенным в стерильных условиях, не способно угрожать здоровью: мы забудем о глистах, сальмонелле, ящуре и коровьем бешенстве. А еще гурманы смогут отведать какого-нибудь экзотического мяса, причем нисколько не угрожая жизни того или иного редкого животного: для того чтобы взять ту единственную сателлитную клетку, которая нужна для изготовления огромного количества мяса, не нужно никого убивать.

**П. Данилов**

Фотографии предоставлены  
Дугласом Мак-Фарландом,  
Университет Южной Dakоты

# Разумные потомки падальщиков и людоедов

Речь здесь пойдет о наших далеких и не очень далеких предках и об их пище. Она как элемент среды обитания играет важную роль в эволюции видов, но в случае рода *Ното* на нее следует обратить особое внимание. Говоря о воздействии пищи на организм, мы чаще вспоминаем о желудочно-кишечном тракте, чем о мозгах. А зря. Как оказывается, выбор еды тесно связан с увеличением объема и развитием структуры головного мозга, того самого органа, который и обусловил особое положение вида человека разумного в живом мире. Всерьез об этом задумались совсем недавно.



## Дорогостоящая ткань

Работая лопатой и сантиметром, антропологи собрали хорошую коллекцию черепов наших предков и получили четкую картину увеличения объема мозга во времени. Кое-где есть отклонения от плавной линии роста, но небольшие. Например, мозгов у неандертальцев (*H. neanderthalensis*) в среднем было несколько больше, чем у нас, и поправка на рост это не совсем сглаживает. На фоне такой картины рассматривались другие черты эволюции человека, например прямохождение или изменение строения кисти руки, связанное с трудовой деятельностью. У внутренних органов, в отличие от мозга, нет круговой костной защиты, и сравнение скелетов не показывает, как изменялись в ходе эволюции кишечник или печень. На этот недостаток метода пристальное внимание обратили лишь в конце истекшего столетия (1995), когда Лесли Айелло и Питер Вилер сформулировали «гипотезу дорогостоящей ткани», которая основана на химической физиологии. Ее суть такова. Когда мы спим или отдыхаем, скелетные мускулы расходуют

0,4 Вт/кг. А мозг в это же время тратит 8,8 Вт/кг — в 22 раза больше! Вообще, этот орган, составляя 2% от массы тела, тратит от 16 до 25% потребляемой человеком энергии покоя. У других приматов эта доля много меньше — до 10%, а у прочих млекопитающих — не выше 5%. На все остальные органы «постоянного дежурства», то есть сердце, легкие, печень и почки, нам необходимо расходовать еще 40% энергии покоя. Энцефализация, или наращивание веса головного мозга, с неизбежностью привела первых гоминидов к повышению энергозатрат, и, чтобы выжить, им надо было что-то менять. Эволюция пошла по пути изменения диеты и... сокращения объема желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Зачем же уменьшать объем реактора, который приносит организму энергию, если ее нужно больше? А очень просто: чтобы снизить расходы на обслуживание реактора. Это потребовало и повышения калорийности топлива, то есть пищи. Органы «постоянного дежурства», понятно, трогать было нельзя, скелетную мускулатуру тоже, иначе трудно было бы добывать топливо.

Древние люди (*H. habilis* и *H. erectus*) постепенно стали переходить на животную пищу и сокращать ЖКТ для ее усваивания. Так что путь, занявший около 5 млн. лет, следовало пройти в соответствии с законами сохранения энергии и материи: у кого присовокупится к мозгам, отсовокупится от кишечника. В итоге мозг увеличился почти втрое, а «живот» сократился в 1,7 раз. Эти стремительные изменения произошли в последние 200 тысяч лет, когда человек стал плотоядным.

Мозг требует не только больших эксплуатационных затрат, но и капитальных тоже. Эта ткань по химическому составу близка к жировой. Миелиновая оболочка лишь на 30% состоит из белков, остальное — фосфолипиды холестерина и жирных кислот, причем именно мозги, как никакая другая ткань, богаты полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК). Среди них главные: С20:4-6 (АК — арахидоновая) и С22:6-3 (ДГК — докозагексаеновая). Числа в названиях означают количество С-атомов, С=С-связей и их положение от конца цепочки. Другие названия этих веществ — незаменимые жир-



ные кислоты, витамин F (fat, по-английски жир), или попросту «рыбий жир», который, как и мозг человека, богат разными ПНЖК (см. «Химию и жизнь», 1997, № 11). Поскольку потребность в них (граммы) больше «витаминных» количеств, витамином их называют не часто. Мы должны получать с пищей много незаменимых жирных кислот, так как они расходуются не только на синтез клеточных гормонов (эйкозаноидов), но и, главное, на создание мембран клеток головного и спинного мозга, а также на их «ремонт». Некоторые ПНЖК можно назвать провитамином F — это линолевая C18:2-6, гамма- и альфа-линоленовая кислоты (C18:3-6 и C18:3-3). Наш организм способен их достроить до АК и ДГК. Поскольку наращивание цепи с последующим дегидрированием происходит путем присоединения C<sub>2</sub>-остатка уксусной кислоты к карбоксильной группе, положение C=C-связи относительно хвоста не меняется. Таким образом, в организме устанавливается сосуществование двух семейств альфа- и гамма-ПНЖК и соответственно клеточных гормонов. Действие гормонов различно и часто противоположно. Отсюда важен не только достаток, но и состав (про)витамина F. В экономически благополучных государствах потребление ПНЖК обычно находится на достаточном уровне, а вот соотношение гамма/альфа выходит за 10, вместо оптимальной, с точки зрения физиологов, величины около 1,5 (таково соотношение АК и ДГК в грудном молоке).

Биохимию высших ПНЖК подробно исследовали, чтобы дать ответ на практический вопрос: нужно ли в искусственное детское питание вводить «живую» ДГК C22:6-3, полностью имитируя натуральное грудное молоко, или достаточно иметь ее предшественницу, то есть альфа-линоленовую кислоту C18:3-3? ДГК привлекает особое внимание тем, что из-за своей ненасыщенности она сильнее других влияет на упругость и сигнальные функции мембран. В некоторых тканях (например, в сетчатке глаза) мембраны содержат 20–40% ДГК. Мы здесь не станем вникать в детали, поскольку ответ уже известен: в новые формулы для детского питания ДГК введена, это по объективным показателям улучшает умственное развитие ребенка, двигательные реакции и зрение. Оказалось, что скорость ее биосинтеза из «провитамина» отстает от потребностей роста младенцев. К тому же

наш организм за тысячелетия привык к определенному соотношению гамма/альфа. При достижении нужного содержания любой из кислот АК либо ДГК включается обратная связь и начинается ингибирование фермента — десатуразы, участвующего в биосинтезе их обеих. Поэтому, чтобы не нарушать баланс, в новую «формулу» ввели сразу и ДГК, и АК.

ПНЖК возведены Стефаном Куннане, Лореном Корденом (речь о которых пойдет ниже) и их соратниками в ранг катализатора энцефализации и сапиентации, то есть фактора, ускорившего или даже определившего развитие гоминид и сохранение вида *H. sapiens*. В отличие от других претендентов на это качество — мочевой кислоты и псилоцибина (см. «Химию и жизнь», 2004, № 10; 2005, № 6), подобная роль ПНЖК очевидна, вопрос лишь в том насколько она была определяющей.

### Пляжные жители

Жизнь человека с самого начала подчинена обслуживанию нашей дорогостоящей ткани. Начиная с 24-й недели мы должны накопить около 500 г жира (15% от веса), что значительно больше, чем другие сухопутные млекопитающие. Дело даже не в количестве, а в качестве жира — в нем 1% от всех жирных кислот должны составлять ПНЖК. Этот запас важен для предстоящего интенсивного развития мозга в ближайший послеродовой период. Мозг новорожденного сформирован лишь на 40%, и этот процесс не успеет завершиться даже до призыва в российскую армию (в норме это должно произойти к 22 годам, помните поговорку — «в 20 лет ума нет и не будет»). У ближайших наших родственников этот срок существенно короче: у неандертальцев — 15 лет, у шимпанзе — 3 года. Какую роль в эволюции человека сыграли язык, социальное окружение, труд и прочие факторы, мы все знаем, поэтому сосредоточимся на химии пищи, ведь если в раннем детстве не хватит ПНЖК (главным образом, ДГК), «разумного» человека не получится — задержка умственного развития перейдет в провал.

Активный пропагандист концепции специфической «пищи для ума», канадский ученый Стефан Куннане — также главный защитник гипотезы береговой линии как колыбели человечества. В главном варианте гипотезы в этом качестве выступают берега озер в районе системы разломов

в Восточной Африке: как раз там археологи нашли древнейших гоминид. Место это вполне подходит для беззаботного «наращивания мозгов» — мягкий, не меняющийся миллионы лет полутропический климат и обилие легкодоступной пищи, богатой ПНЖК, такой, как моллюски, лягушки, рыба и яйца. Первыми гоминидами стали раскормленные (даже разжиревшие) понгиды, то есть представители особой линии шимпанзе, которых по генетическим признакам стали причислять к нам, к гоминидам (*Homo Pan* — шимпанзе и *Homo Homo* — человек).

Согласно другому варианту гипотезы, линия жизни — это океанические пляжи. Здесь пропитаться было также легко. Ограниченные ресурсы узкой линии заставили наших предков разбредиться берегами теплых морей в поисках любившейся им пищи по всему свету. Морепродукты богаты и другими компонентами «пищи для ума»: йодом, цинком. Однако есть и противники береговой гипотезы.

### Сухопутные падальщики

Оппонентов Куннане в недавней печатной дискуссии (2000) можно разделить на «охотников» и «падальщиков» (англ. *scavenger*). Первые считают, что древние люди были ловкими и храбрыми и в добываемом ими «красном» мясе, а также в собираемых дарах природы — зелени, зернах и орехах — они находили необходимые ПНЖК. Аргументация в поддержку этой точки зрения красноречива, но цифрами не подкреплена.

Другие видят в человеке умелом (*H. habilis*) невысокое (130 см) и тщедушное (35 кг) существо без клыков, когтей, рогов и прочего. Ему бы самому спастись от хищников, а не охотиться на антилоп. Он занял нишу санитаров-падальщиков, потеснив гиен, шакалов и грифов, но только ему оказалась доступной «дорогостоящая ткань», заключенная в больших костях и черепах, которые остаются от дичи после того, как крупные хищники подкрепились. Наверняка это создание со временем научилось пользоваться палками и камнями, чтобы отгонять конкурентов и дробить кости. Лорен Корден и его единомышленники полагают, что именно умение разбивать кости и открыло прачеловеку самый первый источник ДГК: по ее содержанию мозг не намного выше озерной пищи (861 против 549 мг ДГК /100 г), однако пищевая ка-

лорийность черепного и костного мозга почти в шесть, а содержание протеина в десять раз выше, чем в африканских пресноводных «морепродуктах». С мозгами плотоядное меню становится более сбалансированным. Вероятно, в эпоху раннего палеолита такой способ пропитания имел большое значение для эволюции человека: при раскалывании костей, случалось, и сами камни превращались в острые обломки. Ими было легче рвать шкуры и соскабливать мясо. Целевое раскалывание камней на скребки где-нибудь в логове на куче сухой травы сначала вызывало несчастье — пожар от искр. Потом костер сделал пищу более вкусной и легко усваиваемой. Рожон (шампур) и горшок (кастрюлю) изобрели позже, когда полностью перешли к активной охоте. Как оказалось, склонность к поеданию мяса из приматов присуща не только человеку. Самые смысленные его родственники — шимпанзе, в отличие от остальных человекообразных обезьян, тоже охотники, хотя доля мясной пищи в их меню невелика, около 3%. Обычно они охотятся коллективно, слаженной группой и чаще в засушливый, «голодный» период. Прошли ли понги фазу «чистильщика», не известно, падаль внимание охотников не привлекает.

## Человек человеку — фаг

В ритуалах людоедства мозг — тоже самая дорогостоящая и желанная ткань, за ним, наверно, следует сердце. Человек отличается от высших животных не только развитым умом, но и распространенностью адельфофагии (поеданием собратьев), да и вообще масштабами внутривидовой борьбы. Как это так устроены наши уникальные мозги, должно в первую очередь интересоваться философов, этологов, антропологов, психологов и криминалистов. В местах голода понятно — человеческая плоть становится просто единственно доступным видом пищи. Факты массового людоедства в XX веке (вспомним голод в Поволжье, на Украине, блокадный Ленинград, концлагеря) от нас утаивались, так как тема в целом оставалась политически небезопасной. Отношение к ней было «диалектическим», как у Фридриха Энгельса: «...предки берлинцев, велетабы или вильцы, еще в X столетии поедали своих родителей, но нам теперь до этого уже никакого дела нет».

Энгельс в хрестоматийном «Происхождении семьи, частной собственности и государства» сознательно проигнорировал известные факты. Ведь с крупномасштабным людоедством столкнулись еще испанцы в Новом Свете, откуда и пошло слово «канибализм». «Эти дикари называются *caniba*, их здесь все ужасно боятся, они свирепы, вооружены до зубов... бродят по многим островам и поедают всех людей,

которые подвернутся им под руку» — запись Христофора Колумба, сделанная в 1492 году сразу же после открытия Кубы. Жуткая картина ждала Эрнана Кортеса и сотоварищей на экскурсии в главные храмы ацтеков, устроенной императором Монтесумой: «Все вокруг было залито кровью: и стены, и даже алтарь, стояло такое зловоние, что мы едва дождались момента, чтобы поскорей уйти оттуда». Гости рисковали: их черепа могли пополнить огромные кучи у храмов. А объем этих куч был действительно чудовищен: в среднем по 115 тысяч голов у каждого храма! Эта империя вела войны не с целью захвата территорий, а ради пленных. Совершив перед толпой религиозный ритуал, жрецы, подобно мясникам, разделявали трупы, как туши домашних животных. Мясо распределялось между жрецами, светской и военной верхушкой, а народу доставалось зрелище. Природные ресурсы Мексиканской долины были истощены, а ее тогдашнее население велико — около двух миллионов человек. Земледелие здесь возникло давно, но бобов и кукурузы не хватало, в ход шли даже водоросли горного озера Тескоко. Средний годовой объем добычи пленников был на уровне 14 тысяч человек. Отсюда дефицитные животные белки и ПНЖК как прикорм могла получать только элита. Если считать, что она составляла 10% населения, то на каждого придется пять килограмм человеческого мяса в год.

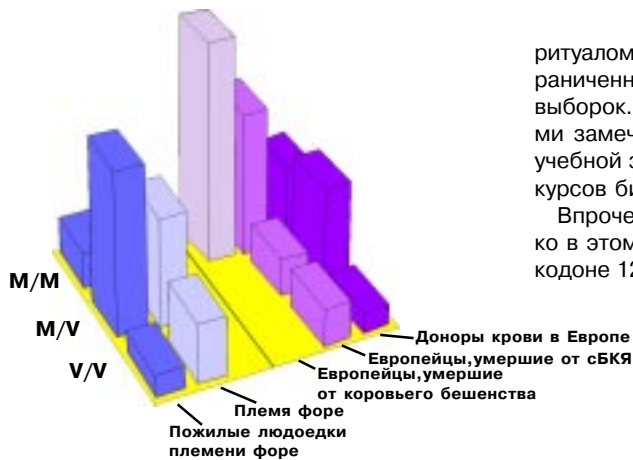
Острова Фиджи были и остаются другим мировым центром людоедства. «На островах нет местных животных (свинья была завезена сюда лишь в XVIII веке), за исключением крыс. Поэтому канибализм здесь более понятен и, возможно, даже «вполне оправдан» (А.П. Райс, кавычки автора). Следы людоедства, в том числе трупоедства, присутствуют в истории всех народов Земли, но их истинный объем и роль в эволюционном развитии остаются неизвестными. Генетическое однообразие людей свидетельствует, что судьба нашего вида временами висела на волоске — популяция сокращалась до десятков—сотен тысяч. Пройдя через узкое горлышко (возможно, это были голодные времена), человечество возрождалось. Однако никому не хочется быть потомком людоедов, поэтому работа английских генетиков под началом Джона Коллинджа об устойчивости к коровьему бешенству встретила противоречивые отклики научной общественности.

## Спасительная гетерозигота

В конце XX века население развитых стран запаниковало — каждое сообщение о случае заражения крупного рогатого скота губчатой энцефалопатией по сей день вызывает немедленное сокращение по-

требления говядины. Ущерб, нанесенный Великобритании коровьим бешенством, соизмерим с ее материальными потерями во Второй мировой войне. Людоеды Новой Гвинеи помогли в свое время разобраться с такого рода болезнями, полувившими общее название прионов. Прионы — мембранные белки мозга (см. «Химию и жизнь», 2001, № 3). Коровье бешенство и человеческие неврологические заболевания типа болезни Крейтцфельдта—Якоба (БКЯ) заключаются в перерождении нормального белка, точнее, гликопротеина Pr(C) в конформационную изомерную форму Pr(Sc). При этом две альфа-спирали превращаются в бета-блоки. Новая конформация придает белку жесткость, устойчивость к температуре и действию ферментов. При попадании в здоровый мозг даже в небольших количествах Pr(Sc) способен, как затравка кристаллизации, изменить конечный продукт биосинтеза. Размер пептидов составляет порядка 250 аминокислот. Название «прион» им придумал Стенли Прусинер, нобелевский лауреат 1997 года. Обозначения Pr(C) и Pr(Sc) получены из комбинации начальных букв корневой слов «протеин/инфекция», C — клеточный (cell), а Sc от *scrapie* — овечьё бешенство, или почесуха.

Племя форе приближалось к черте вымирания, когда часть острова Новая Гвинея, где они обитают, отошла к Австралии (1950). Из-за свирепствовавшей болезни куру, она же «хохочущая смерть», в племени уже почти не оставалось женщин репродуктивного возраста (с тех пор как начались наблюдения, от куру умерло 2500 чел). Выяснилось (Карлтон Гайдюшек, Нобелевская премия 1976 года), что причина болезни — принципиально новый носитель инфекции, то есть не микробный и не вирусный. Он передавался при погребальных ритуалах, сопровождаемых поеданием мозга умершего. После строжайшего запрета ритуала болезнь пошла на убыль. «Хохочущая смерть», таким образом, привела к открытию прионов. В наше время некогда редкое заболевание — спорадическая БКЯ (сБКЯ) — предстало в виде инфекционного заболевания, вариантного БКЯ (вБКЯ). Считают, что причина вБКЯ — попадание в пищу человека коровьего белка Pr(Sc). Коровье бешенство, в свою очередь, вызывается овечьим белком Pr(Sc), который есть в костной муке, скармливаемой скоту. Заражение происходит незаметно из-за долгого инкубационного периода (месяцы—годы), во время которого животные выглядят вполне здоровыми. Передается вБКЯ медикаментозно или контактно — через лекарства, при переливании крови или хирургических операциях. К счастью, за исключением фатальной (смертельной) семейной бессонницы прионовые болезни по наследству не передаются, но, как оказалось, генетическая предрасположен-



### Полиморфизм кодона 129

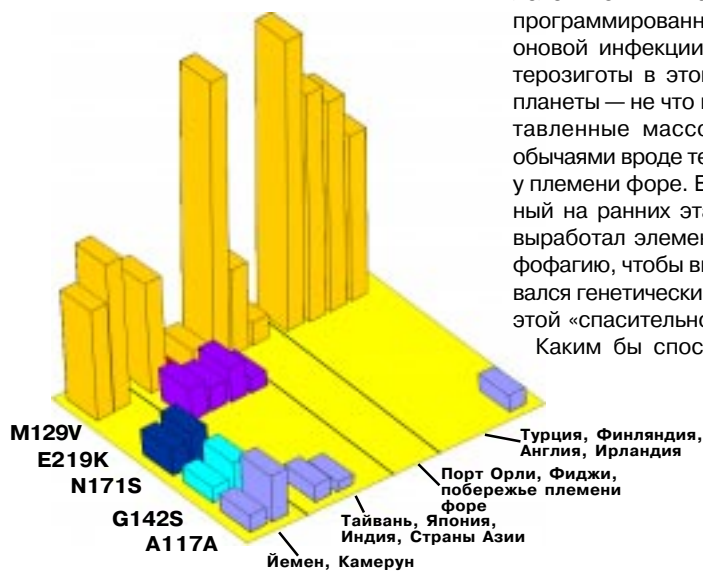
ность к ним все же есть. Именно это и ведет к гипотезе предков — людоедов.

Биосинтез приона контролируется геном PRNP, расположенным в XX хромосоме. Особое внимание исследователей привлекает его кодон 129, который кодирует либо метионин, либо валин. Выяснилось, что среди европейцев, умерших от сБКЯ, процент гетерозигот «MPV» пониженный (17%), а среди жертв вБКЯ таких вообще нет, все они были гомозиготными «MPM» (буквы «M» и «V» обозначают аминокислоты метионин и валин). Такой полиморфизм гена вызван заменой «дикого» аллеля M на мутантный V в этом кодоне. Напомним, что у гетерозигот две копии гена белка немного различаются между собой — как, например, в данном случае, половина молекул белка содержит метионин, другая половина — валин. У гомозигот оба гена и соответственно все молекулы PRNP идентичны.

У здоровых представителей уровень гетерозиготности близок к половине: Финляндия 42–46%, Англия 47–49%, Ирландия — 56%, а вот в Турции он низкий — 34%, и это расценивается как показатель повышенного риска прионных заболеваний. Высокая гетерозиготность MPV (55%) оценена в среднем и для племени форэ. Оценка получена по 140 образцам крови из коллекции, собранной еще Гайдушеком. Коллиндж с сотрудниками (2003) дополнительно обследовал 30 пожилых женщин, оставшихся в живых после поминальных банкетов (в ритуалах участвовали женщины и дети). Оказалось, что 77% этих бабушек — гетерозиготы, MPV. Можно думать, среди умерших и съеденных матерей было много обладательниц MPM и VPV. Коллиндж, очевидно, хотел воспользоваться случаем и получить прямые доводы в пользу своей точки зрения, что полиморфизм кодона M129V вызван селективным отбором прионоустойчивых канибалов, как в европейском далеком прошлом, так и в новейшей истории гвинейского племени. Однако чтобы статистически безупречно связать найденный 20%-ный сдвиг в генотипе форэ с их

ритуалом, данных не хватило — виной ограниченность объема и неоднородность выборок. (Эти результаты с критическими замечаниями уже используются для учебной задачи в одном из интернетных курсов биологии.)

Впрочем, доводы Коллинджа не только в этом. Логика его такова: мутация в кодоне 129 отнюдь не нейтральна, о чем свидетельствуют специальные тесты, выполненные группой Коллинджа в ходе анализа структуры 2000 геномов, принадлежавших разным народам Земли, а также обезьянам. Следовательно, ее распространенность — результат селективного отбора, повышающего выживаемость популяции. Классические примеры подобных ситуаций — полиморфизм гена гемоглобина и серповидноклеточная анемия (см. «Химию и жизнь», 1997, № 4). В случае с геном прионов молекулярные часы прокалибровали по гену шимпанзе. Они показали дату рождения аллеля: это случилось около 500 тысяч лет назад, то есть еще до формирования вида *H.sapiens*. От белка шимпанзе наш PRNP отличается лишь на две аминокислоты. Ряд параметров характеризует линию V129M как древнюю, сформировавшуюся под давлением балансного отбора, идею которого независимо предположили в 1908 году английский математик Дж.Харди и немецкий врач В.Вайнберг. Гетерозиготность кодона 129 присуща всем человеческим популяциям, но не в одинаковой мере. По



### Полиморфизм прионного гена PRNP

этому признаку выделено четыре типа: европейский, африканский, азиатский и форэ. Последний отличается от всех других большой частотой аллеля V129. Для азиатского характерна низкая частота M129V (особенно выделяются Япония и Тайвань), но это компенсируется полиморфизмом по другому кодону — E219K. В африканском типе такой гетерозиготы



## ГИПОТЕЗЫ

нет, но есть другие: N171S и G142S. Коллиндж полагает, что прионовые альфа-цепи с одинаковыми аминокислотами, кодируемые гомозиготами, легче перерождаются в бета-тяжи Pr(Sc), то есть гетерозиготность (полиморфизм гена PRNP) придает устойчивость нормальному приону Pr(C) и соответственно невосприимчивость к инфекции. Это предположение разделяют и другие исследователи (Гайдушек), альтернативных идей на этот счет нет. В прошлые времена, как и в случае форэ, источником прионовой инфекции мог быть только человеческий белок Pr(Sc), сБКЯ или поедание диких животных со спорадическим бешенством к эпидемиям не приводит. Спорадические заболевания животных также редки, овцы и коровы и раньше друг друга не ели, а костной муки еще не было.

Поскольку других объяснений пользы разнородности аминокислот в прионе Pr(C) нет, приходится согласиться с мнением Коллинджа, что полиморфизм гена PRNP — результат балансного отбора аллелей по выживанию, генетически запрограммированная устойчивость к прионовой инфекции. Попросту говоря, гетерозиготы в этом гене у всех народов планеты — не что иное, как отметины, оставленные массовым канибализмом, обычаями вроде тех, что удалось оборвать у племени форэ. Видимо, человек разумный на ранних этапах своей истории не выработал элементарное табу на аде́лфофагию, чтобы выжить, а просто пользовался генетическим наследием предков — этой «спасительной» гетерозиготой.

Каким бы способом наши предки ни добывали себе пищу, ясно одно — по калорийности она должна была соответствовать объему желудочно-кишечного тракта, а по содержанию полиненасыщенных жирных

кислот — объему мозга. Так что расхожая истина неверна. Человека из обезьяны сделала еда, а труд просто делает человека человеком. Причем не всякий труд, а лишь, по энгельсовскому определению, сознательный, я бы добавил — самозабвенный.



### Уважаемые Коллеги!

Группа компаний "Химмед" - предоставляет полный спектр услуг по поставкам химических реактивов, аналитического и лабораторного оборудования в любую точку России. Сообщаем Вам о возможности

**бесплатно заказать**

## Каталог "ХИММЕД" 2006/2007 "Реактивы, Оборудование"

В каталоге - поставляемые нами химическое сырье и реактивы, описания и технические характеристики оборудования, расходные материалы для биохимии и хроматографии, полиграфии, средства радиационной безопасности, бытовая и автохимия. Формат каталога - А4, объем - 358 страниц.



Бланк заказа  
на [www.chimmed.ru](http://www.chimmed.ru)

### Предлагаем Вашему вниманию:

Полный ассортимент **реактивов и химикатов**, (в т.ч. собственного произ-ва и по каталогам Merck, Sigma, Aldrich, Fluka, Avocado, Supelco, Macherey-Nagel, Acros Organics и др.) для различных отраслей науки и промышленности. **Наборы** для аналитического контроля различных производственных процессов и состояния окружающей среды. **Субстанции** для фармацевтики.

**Лабораторное оборудование и аналитические приборы** Hitachi, Ingos, Сорбполимер, Хроматэк, Roth, Millipore, VWR, Whatman, Simax, AND, Shott, IKA, IDL, Термоприбор, Химлаборприбор и др. **Измерительные приборы**, все для **хроматографии**, спектральные приборы, атомная абсорбция, аминокислотные анализаторы, расходные материалы. Центрифуги, мешалки, насосы, термооборудование. Стеклопаяная, фарфоровая, кварцевая, пластиковая, металлическая **посуда и принадлежности**. Стеклопаяная **промышленная аппаратура**, аппаратурные комплекты. **Мебель лабораторная**.

115230, Москва, Каширское шоссе, д. 9, корп. 3, тел. / факс (095) 728-4192 [mail@chimmed.ru](mailto:mail@chimmed.ru) [www.chimmed.ru](http://www.chimmed.ru)



### ЗАО «КАТАКОН» предлагает

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

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



630090 Новосибирск,  
пр. Академика Лаврентьева, 5, ЗАО «КАТАКОН»  
телефон +7(383) 3397265, 3331084;  
факс (383) 3308766,  
e-mail: [catacon@ngs.ru](mailto:catacon@ngs.ru)  
[www.catacon.ru](http://www.catacon.ru)

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

#### Технические характеристики приборов

Диапазон измеряемой удельной поверхности ..... 0,1–2000 м<sup>2</sup>/г  
Диапазон относительных парциальных давлений газа-адсорбата ..... 0,03–0,95  
Полная автоматизация цикла адсорбция-десорбция.  
Встроенная в прибор станция подготовки исследуемых образцов к измерениям.  
Управление процессом измерения и обработка результатов с использованием ЭВМ.

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





# современные **ПОЛИМЕРНЫЕ** материалы

международная  
специализированная  
ВЫСТАВКА

### Организаторы:

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

### В рамках выставки состоится:

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

#### Тематика конференции:

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

### Тематика выставки:

- Синтетические полимеры и сырьё
- Полимерные композиционные материалы, в том числе армированные химически стойкими волокнами
- Синтетическая каучуки
- Стеклопластики
- Клеи, герметики, компаунды
- Интеллектуальные присадки для полимеров
- Химически стойкие и нано
- Биоразлагающиеся полимеры
- Лак и лакокрасочные материалы
- Технологическое и вспомогательное оборудование для производства полимеров и их переработки
- Автоматизация производства. Системы контроля
- Информационное обеспечение
- Лабораторное и аналитическое оборудование и приборы
- Суперконцентраты
- Стабилизаторные компоненты, катализаторы
- Полимерный упаковочный технического назначения
- Композиционные наноматериалы
- Проектирование химических предприятий, складов
- Утилизация отходов полимерного производства

**13-16  
июня  
2006**

СК «Олимпийский»  
Москва

### Контактная информация:

ЗАО «Экспо-Биохи́м-Технологии»  
117219 Москва, ул. Б Черемушкинская, 34, оф. 552  
Т/факс: (095) 933 9051, 933 9054  
E-mail: [skzhimkov@imca.ru](mailto:skzhimkov@imca.ru)  
[boarder@imca.ru](mailto:boarder@imca.ru)  
[expo@expobiochim.ru](mailto:expo@expobiochim.ru)  
[www.expobiochim.ru](http://www.expobiochim.ru)

**ВЭО**

13-16 июня 2006 года

13-16 июня 2006 года  
13-16 июня 2006 года

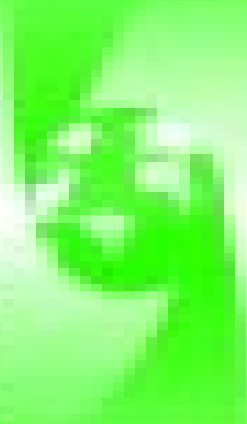
13-16 июня 2006 года



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

**В рамках выставки состоится:**  
международная научно-практическая конференция «Полимерные материалы XXI века в действии»

**Тематика конференции:**  
новые направления в синтезе и исследовании полимерных материалов  
тенденции развития в области производства наукоёмкой термостойкости в автомобилестроении  
полимерные материалы для ремонта техники и оборудования (в т.ч. клеи и герметики)  
интеллектуальные присадки для полимеров  
новые перспективные технологии в производстве химически стойких и лакокрасочных материалов  
конкурсы на лучшую экспозиционную продукцию  
презентации фирм

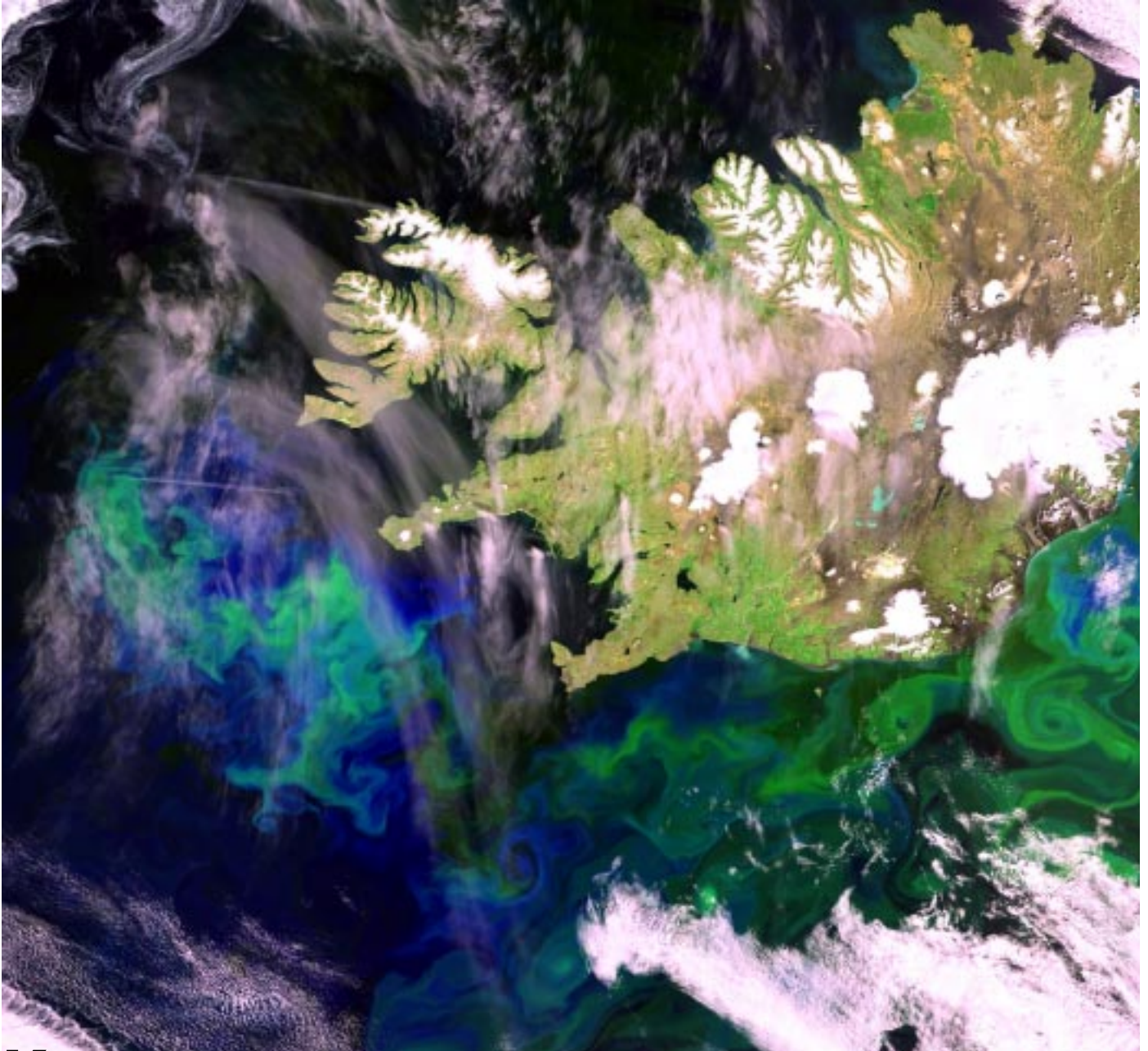


**Тематика выставки:**  
Синтетические полимеры и сырьё  
Полимерные композиционные материалы, в том числе армированные химически стойкими волокнами  
Синтетическая каучуки  
Стеклопластики  
Клеи, герметики, компаунды  
Интеллектуальные присадки для полимеров  
Химически стойкие и нано  
Биоразлагающиеся полимеры  
Лак и лакокрасочные материалы  
Технологическое и вспомогательное оборудование для производства полимеров и их переработки  
Автоматизация производства. Системы контроля  
Информационное обеспечение  
Лабораторное и аналитическое оборудование и приборы  
Суперконцентраты  
Стабилизаторные компоненты, катализаторы  
Полимерный упаковочный технического назначения  
Композиционные наноматериалы  
Проектирование химических предприятий, складов  
Утилизация отходов полимерного производства

13-16 июня 2006 года

13-16 июня 2006 года

13-16 июня 2006 года



*Так Атлантический океан цвел в день летнего солнцестояния, 21 июня 2004 года, у берегов Исландии*

## Крутится-вертится шар голубой

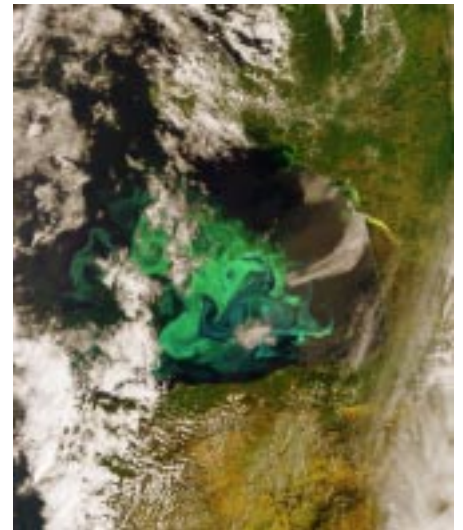
Высоко-высоко над нашей планетой летают искусственные спутники Земли. И не один, и не два, а целая группировка, которая во все глаза, то есть во всех областях спектра электромагнитного излучения, от ультрафиолета до радиоволн, смотрит на то, что под ними творится. Причем смотрит очень внимательно, с прекрасным пространственным разрешением, которое исчисляется порой даже не метрами, а сантиметрами.

Пользы от этих спутников немало. Во-первых, поступающие с них данные позволяют ученым удовлетворять любопытство общества о жизни планеты и всех обитающих на ее поверхности существ. Любопытство это далеко не праздное — только измеряя из космоса спектр отражения и излучения поверхности, и никак иначе, можно определить, скажем, основ-

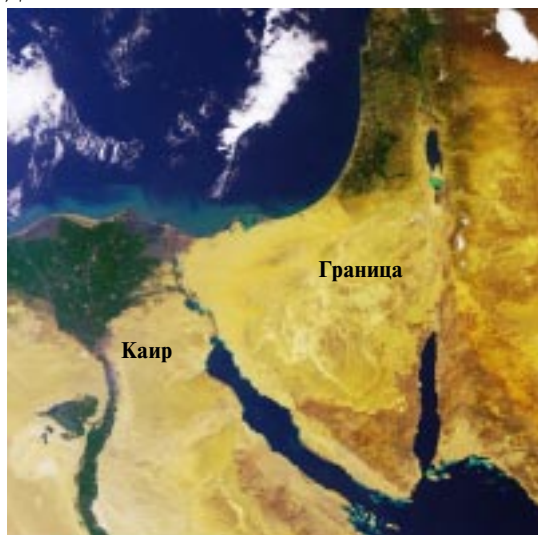
ные параметры теплового баланса и построить правильную модель планетарного климата. Равно и проследить за последствиями развивающегося на наших глазах глобального потепления — например, по перемещениям границ лесов, степей, пустынь и ледников. Для этого, правда, нужно иметь предыдущие изображения тех же районов, желательно эдак десяти-двадцатилетней давности.

Во-вторых, съемка оттуда, сверху, полей и огородов — незаменимое подспорье для аграриев XXI века. Начинали эти работы астроботаники во главе с академиком Гавриилом Тиховым, которые в сороковые годы прошлого века изучали спектры излучения растений с помощью аэрофотосъемки, чтобы, сравнив данные от Земли и Марса, выяснить, кто обитает на Красной планете. И тут-

*Цветение в Бискайском заливе 6 мая 2005 года*



Дельта Нила



ФОТОИНФОРМАЦИЯ

то оказалось, что больные или плохо ухоженные растения отражают свет вовсе не так, как здоровые. Следовательно, глядя на изображения полей, можно вовремя вмешаться и спасти урожай. В эпоху космонавтики люди смогли следить за огромными просторами, а значит, прогнозировать урожай на больших площадях как в своей стране, так и в стране-конкуренте. Соответственно, вооружившись этими данными, чиновник может определить величину субсидий своим фермерам, чтобы им было проще торговаться на мировом рынке.

Ну а про то, какую пользу всевозможные шпионы могут извлечь, глядя на Землю из космоса, и говорить не приходится. Пожалуй, наиболее красноречиво об этом говорит реплика на конференции пятнадцатилетней давности по наблюдению Земли из космоса: «Представляете, сколько денег мог бы сделать нефтяной спекулянт, имея на руках фотографию скопления иракских войск на границе с Кувейтом накануне вторжения армии Саддама Хусейна в эту страну?»

Впрочем, мы люди мирные, что нам чужие армии? Про них и без спутников известно, что они скапливаются у наших границ. Поэтому давайте-ка лучше с помощью спутника «Энвисат» Европейского космического агентства заглянем куда-нибудь подальше в океан. Глядя туда из космоса можно, оказывается, разглядеть мельчайших живых существ планеты — фитопланктон. Хоть и малы составляющие его рачки и микроводоросли, но их суммарный вес огромен — значительно больше, чем сумма всех остальных обитателей нашей планеты. Соответственно когда фитопланктон начинает размножаться, океан Земли столь сильно меняет свой цвет, что это легко заметить из космоса, особенно если проводить съемку на длине волны, которая соответствует максимуму излучения микроорганизмов того или иного вида. Наблюдения за фитопланктоном

дают неоценимые данные для рыбаков, ведь там, где цветет океан, для рыбы наступает время Большой Еды.

В пустыне с Большой Едой нелегко — нужна вода и кое-какие другие факторы, действие которых видно в районе Нила. Нетрудно заметить, что суровый нрав пустыни начинает проявляться сразу же западнее египетско-израильской границы на Синайском полуострове. А на восток от границы деревья растут охотно. Так же, как на Синайском полуострове легко заметить границу между Израилем и Египтом, нетрудно найти из космоса и границы между другими странами, даже если отношения между ними долгие годы были вполне добрососедскими, как, например, между Финляндией и СССР. Здесь сказывается разный способ ведения хозяйства, в частности лесного. В пограничной советской зоне сохранилось немало нетронутых лесов, тогда как финны рассматривают лесоводство как отрасль сельского хозяйства. Соответственно, их леса — это, скорее, плантации, которые и выглядят из космоса по-другому. А вот внутри СССР хозяйство вели однотипно, поэтому границу между РФ и Эстонией на изображении из космоса заметить нелегко.

У читателя может возникнуть вопрос: а почему, рассказывая уже не первый раз об изучении Земли из космоса, мы пользуемся изображениями, которые получены европейскими и американскими спутниками? Вместо ответа приведем цитату из доклада члена-корреспондента РАН, руководителя НЦ космических информационных систем и технологий наблюдений Г.М.Чернявского на конференции, которая прошла в ИКИ РАН в ноябре прошлого года: «В США функционирует национальная система спутникового мониторинга окружающей среды КРОЕ88, услугами которой пользуются во многих странах мира. К числу наиболее значимых космических программ наблюдения Земли относят также: европей-

скую программу мониторинга и обеспечения безопасности Земли СМЕ8, канадскую космическую программу на базе аппарата КАВАК8АТ, японскую программу наблюдения Земли на базе аппарата АВЕО8б, индийскую систему дистанционного зондирования Земли 1К.8. В международном сообществе обсуждаются инициативы создания Глобальной системы наблюдения Земли ЕОЕ88. Вместе с тем из-за низкого уровня финансирования работ по дистанционному зондированию Земли, выполняемых в соответствии с Федеральной космической программой, а также допущенных системных просчетов и архаичных конструкторских решений к настоящему времени фактически прекратила существование орбитальная группировка отечественных аппаратов ДЗЗ. На орбите функционирует лишь «Метеор-ЗМ» в ограниченном объеме».

В феврале этого года к нему добавился российско-украинский «Сич-1М», предназначенный для получения данных различного пространственно-временного масштаба о физическом состоянии атмосферы, суши и Мирового океана в интересах науки и народного хозяйства. Правда, он не сумел выйти на расчетную орбиту, и специалисты сейчас подбирают задачу для той орбиты, что получилась. Впрочем, если нашим ученым удастся сконцентрировать выделяемые им средства на нескольких крупных темах, которые к тому же вызовут интерес у богатых ведомств вроде МПР или Роснедвижимости, то в космосе могут вновь появиться наши спутники. Они обеспечат народное хозяйство ценными данными, а журналистов и читателей научно-популярных журналов — красивыми картинками.

Фото Европейского космического агентства

С.Алексеев

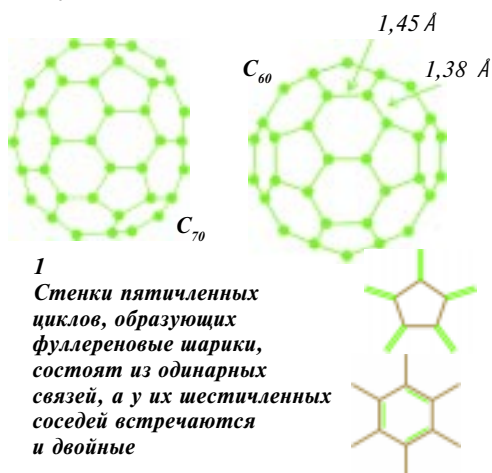
# Пасьянс фуллеренового паука

П.А.Трошин,

Институт проблем химической физики РАН  
г.Черноголовка

## Какие фуллерены дороги сердцу химиков?

Для начала напомним читателю, что фуллерены получают разными способами, а важнейшие из них — электродуговое испарение графита и совсем недавно придуманный японскими учеными пиролиз угля. Однако независимо от используемого метода, в наибольших количествах образуются фуллерены  $C_{60}$  и  $C_{70}$  (рис. 1). Содержание  $C_{60}$  составляет 80–85% от общей массы полученной смеси фуллеренов,  $C_{70}$  — 14–9%. На другие, высшие, фул-



лерены приходится оставшиеся 1–2%. Поэтому к настоящему времени детально изучены лишь химические свойства  $C_{60}$  и  $C_{70}$  как наиболее доступных из фуллеренов. По своему строению каркасы  $C_{60}$  и  $C_{70}$  весьма сходны, они построены из 12 пяти- и разного числа шестиугольных фрагментов. Обе молекулы содержат значительное количество двойных связей (30 и 35), однако, эти связи совсем не похожи на те, что находятся в бензольных кольцах: те кольца плоские, а ячейки, составляющие каркас фуллера, — объемные, их двойные связи в значительной степени локализованы. Поэтому отнесение фуллеренов к ароматическим соединениям — явно ошибочно. Длина одинарной связи составляет 1,45 Å, а двойной — 1,38 Å. Сравнение этих величин с длинами чисто одинарной связи в этане (1,54 Å)

Мы не раз рассказывали о фуллеренах, но до химии этих красивейших молекул дело не доходило. А ведь только с появлением таких углеродных мячиков химики получили в свои руки небывалый объект: объемный и обладающий высокой степенью симметрии. Изучение фуллеренов подобно раскладыванию сложного пасьянса. При первом взгляде на углеродные сферы кажется, что понять хитросплетения реакций, в которые они способны вступать, невозможно. Однако по мере раскладывания молекул-карт начинает проступать система в перемещениях атомов и раскрытии связей между ними. И вот вдруг открывается вся грандиозная картина плетения сетей вокруг молекул-сфер. Ниже — история о том, как реагируют фуллерены с другими веществами и что из этого получается.

и двойной связи в этилене (1,35 Å) говорит о том, что некоторое сопряжение между одинарными и двойными связями в фуллерене все-таки присутствует. Однако оно все же ближе к сопряжению связей в 1,3-бутадиене, чем в полностью ароматичном бензоле. Вот эта-то неароматичность и определяет химические свойства фуллеренов, которые в основном связаны с раскрытием двойных связей каркаса под действием различных реагентов.

Молекула  $C_{60}$  высокосимметрична (это усеченный икосаэдр), и все ее атомы, а также двойные и одинарные связи эквивалентны. Благодаря этому раскрытие любой связи каркаса приводит к одному и тому же продукту. У молекулы  $C_{70}$  симметрия ниже; в ней присутствуют пять типов неэквивалентных атомов углерода и восемь неэквивалентных связей, поэтому в его реакциях образуется смесь из трех-четырех изомеров, разделять которые непросто. Вот химики и предпочитают пока что работать с  $C_{60}$ , благо и выход его значительно больше, чем у менее симметричного собрата.

## Любители электронов

Коль скоро фуллерен больше похож не на бензол, а на этилен, стоит посмотреть, как себя ведет этот его дальний родич.

Главная отличительная черта этилена — повышена электронная плотность в области двойной связи. В результате он охотно реагирует с частицами, у которых электронов недостает. Будучи любителями электронов — электрофилами, — те готовы бороться с этиленом. Яркий пример — известная реакция этилена, да и других алкенов, с галогенами, например с бромом. Начинается она с образования сильного

электрофила — частицы  $Br^+$ , которая присоединяется по двойной связи, и получается бромониевый ион. Он находит способ присоединить второй ион  $Br^-$  и дать 1,2-дибромэтилен (рис. 2). Подобным образом к алкенам присоединяют различные молекулы, и в общем случае этот механизм называют электрофильным присоединением.

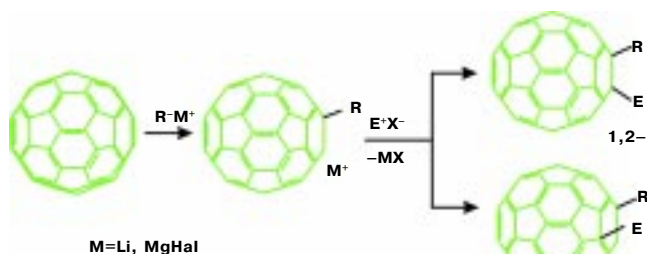


В отличие от этилена, фуллерены любят электроны — уникальное строение обеспечивает сильный дефицит электронной плотности. Поэтому углеродные сферы реагируют с электроноизбыточными частицами — нуклеофилами. Как правило, эта реакция протекает так: двойная связь какой-то из ячеек фуллеренового скелета раскрывается и к ней присоединяется молекула нуклеофила. Оставшийся обрывок связи приобретает отрицательный заряд, и его компенсирует какой-нибудь любитель электронов.

Один из наиболее сильных органических нуклеофилов — это карбанионы, частицы, которые несут отрицательный заряд на атомах углерода. Более или менее точно такому определению соответствуют металлорганические соединения типа  $RMgX$  (реактивы Гриньяра) и  $RLi$  (где R — алкильная группа): они мгновенно реагируют с фуллереном и образуют соответствующие фуллереновые анионы. Далее их дезактивирует протон или какой-либо другой электрофил. В результате образуются либо продукты 1,2-присоединения (если размер вводимых групп невелик), либо продукты 1,4-присоединения (рис. 3).



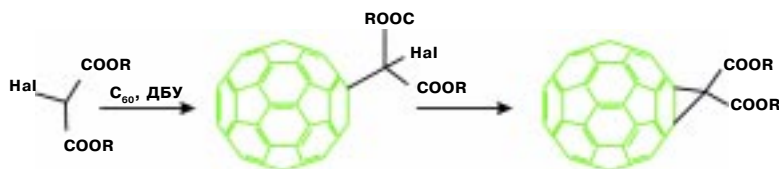
3  
Группы, в зависимости от размера, либо присоединяются к соседним атомам, либо окажутся в противоположных углах шестиугольника



$M = \text{Li, MgHal}$

Широкого использования в химии фуллеренов эта реакция не получила: видимо, число реагентов  $\text{RMgX}$  и  $\text{RLi}$  слишком ограничено.

Наиболее важна в химии фуллеренов реакция присоединения карбанионов, стабилизированных двумя сложноэфирными группами. Эта реакция для фуллерена  $\text{C}_{60}$  была одной из первых — ее открыл в 1993 году немецкий химик К.Бингель. Будучи усовершенствованным его коллегой А. Хиршем, метод получил название Бингеля–Хирша. Проводят реакцию, например, так: берут галогензамещенный эфир малоновой кислоты, у которого от группы  $\text{CH}_2$  отходят два фрагмента вида  $\text{COOR}$ ; такую конфигурацию называют малонатной группой. Под действием сильного основания эфир превращается в анион, который присоединяется к каркасу фуллерена. Получается фуллереновый анион. Далее он атакует малонатную группу и замещает атом галогена. Последний уходит в виде аниона, и реакция заканчивается образованием циклопропанового фрагмента, присоединенного к фуллереновому каркасу. Получаемые соединения положено называть метанофуллеренами, а в состав сложного эфира могут входить самые разные группы R. В результате можно получить такую красивую структуру, как на рис. 6.

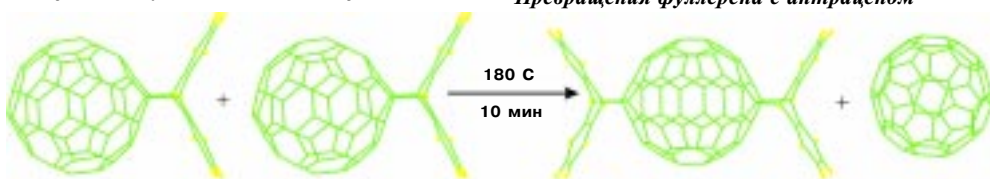


4  
Реакция с эфиром малоновой кислоты



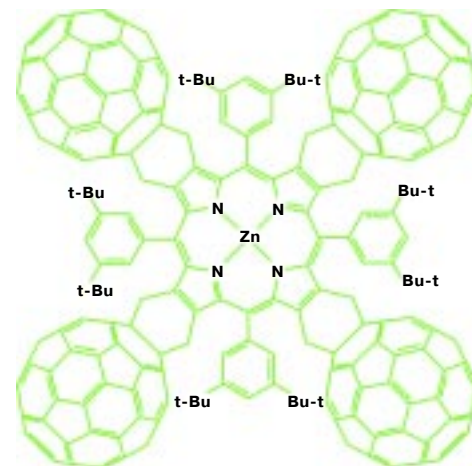
5  
Один из метанофуллеренов

Когда к каркасу фуллерена присоединяются два циклопропановых фрагмента, получается смесь из восьми изомеров. Чтобы избежать этой неприятности, малонатные остатки можно жестко связать каким-нибудь «жгутом», например порфирином или краун-эфиром (рис. 6). Избежать появления изомеров удается и при одновременном присоединении шести групп, которые образуют вполне симметричный псевдооктаэдр (в нем все шесть групп симметрически эквивалентны). А большее число групп никому пока присоединить не удалось.



### Плетение сетей

Сети с участием фуллеренов получаются в результате реакции циклоприсоединения. В одном из вариантов такой реакции — реакции Дильса–Альдера — один компонент жертвует для образования общего шестичленного цикла четыре атома углерода, а другой — два. Именно в роли второго и выступает фуллерен. Эта реакция обычно обратима, а получаемые про-

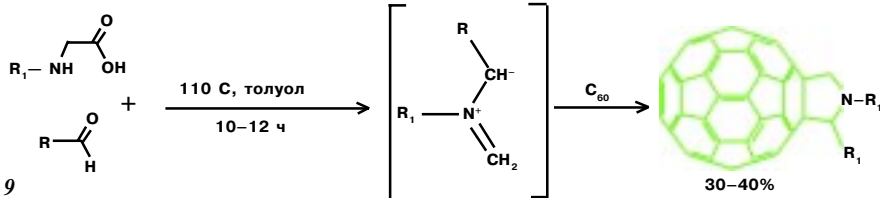


7  
Сеть с фуллеренами

### 8 Превращения фуллерена с антраценом

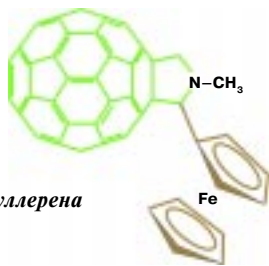
дукты термически нестабильны, что и ограничивает ее применение в химии фуллеренов. Однако иногда удается получать весьма необычные и очень красивые соединения (рис. 7). Порой и малая стойкость оказывается на руку. Например, соединение фуллерена с антраценом при нагревании до  $180^\circ\text{C}$  в твердом виде диспропорционирует, давая молекулу, в которой антрацен присоединен с двух противоположных сторон к углеродной сфере (рис. 8). Уникальность этой реакции в том, что из восьми возможных изомеров получается один-единственный. Это не случайно: реакция проходит в твердом теле. В растворе же получается сложная смесь продуктов.

Одна из важнейших реакций фуллеренов — присоединение азометанилидов (рис. 9), в результате которой образуются гетероциклические производные — пирролидинофуллерены. Открыта эта реакция была почти одновременно с реакцией Бингеля–Хирша итальянцем М.Прато, по имени которого и была названа. Ее значение велико, поскольку с ее по-



9 Так получают гетероциклические производные

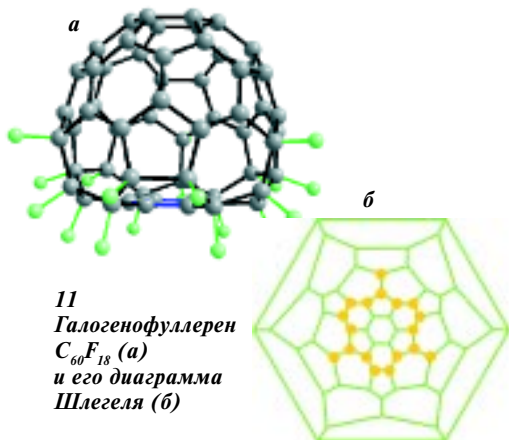
### 10 Соединение фуллерена с ферроценом



мощью удается вводить самые разнообразные фрагменты, например, как на рис. 10.

### Гидридные рога и фторидные шипы

Когда говорят о реакции радикального присоединения — а это четвертый тип важнейших реакций с фуллеренами, — то имеют в виду прежде всего образование гидридов и галогенидов. В мягких условиях получают гидриды с 2–8 атомами водорода. Такие реакции необратимы и приводят к получению смеси изомеров. А вот при высокой температуре с участием, скажем, дигидроантрацена, который служит донором атомов водорода, идет обратимая реакция, дающая высшие гидриды:  $C_{60}H_{18}$  и  $C_{60}H_{36}$ . Аналогичным способом получают фториды того же состава. В первом из них все атомы водорода или фтора располагаются только на одной полусфере фуллеренового мячика. Как показало рентгеноструктурное исследование фторфуллерена  $C_{60}F_{18}$ , сфера после этого с одной стороны становится почти плоской (рис. 11 а). Центральное шестичленное кольцо в этой молекуле становится ароматичным (в отличие от шестичленных гексатриеновых фраг-



11 Галогенофуллерен  $C_{60}F_{18}$  (а) и его диаграмма Шлегеля (б)

ментов в исходном каркасе  $C_{60}$ ). Американский теоретик Х.Шлегель придумал, как изображать строение такой сложнейшей молекулы, не рисуя каждый раз ее в трехмерном виде: в диаграмме Шлегеля центральный шестичленный фрагмент растягивают и, словно глядя сквозь него, видят расположение всех атомов. Жирные точки на диаграммах отображают те атомы углерода, к которым присоединены дополнительные атомы или группы (рис. 11 б). В отличие от  $C_{60}H_{18}$ , гидрид  $C_{60}H_{36}$  и фторид  $C_{60}F_{36}$  образуются в виде смеси трех изомеров. Фуллереновый каркас в них деформируется со всех сторон и начинает напоминать скорее пирамиду, чем сферу. А вот высший фторид  $C_{60}F_{48}$  вновь вполне сферичен — в нем атомы фтора полностью покрывают поверхность фуллеренового каркаса. Нет изомеров и у  $C_{60}F_{20}$  — у него все атомы фтора расположены по экватору.

Из хлоридов фуллеренов долгое время единственным был  $C_{60}Cl_6$ , но совсем недавно были получены высшие хлориды  $C_{60}Cl_{24}$ ,  $C_{60}Cl_{28}$  и два изомера  $C_{60}Cl_{30}$ , один из которых обладает поистине уникальным строением. В этой молекуле к каждой полусфере фуллеренового каркаса присоединены по 15 атомов хлора (сходство с  $C_{60}F_{18}$ ), по полюсам располагаются ароматические шестичленные фрагменты, а на экваторе — ароматичный 18-аннуленовый фрагмент (рис. 12)! Такая тройная ароматичность обуславливает высокую стабильность этого соединения.

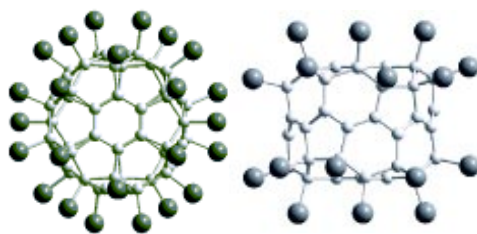
### Скрытые карты фуллеренового пасьянса

Итак, значительную часть пасьянса мы, с помощью многочисленных ученых, которые открыли все эти удивительные реакции, сложили. Правда, природа значительно богаче карточной игры — в ее колоде не 104, а бесчисленное множество карт.

Одна из них — удивительные фуллереновые соли, фуллериды металлов. При их образовании атомы металла (щелочного, щелочноземельного, а то и менее активного) прячутся в пустоты кристаллической решетки фуллерена, отдавая ему свои электроны.

Особое внимание ученых к фуллеридам связано с тем, что у соединений состава  $M_3C_{60}$  (где М — атом К, Rb, Cs) обнаружена высокая проводимость и даже сверхпроводимость (при температурах вплоть до 80 К). Их строение очень интересно. Например, в кристаллах  $[Ba(NH_3)_9]C_{70} \cdot 7NH_3$  каркасы  $C_{70}$  соединены в полимер одинарной связью. Порой молекулы фуллерена объединяются в димеры; иногда образуются сетки, в которых каждая молекула фуллерена соединена с четырьмя соседями.

Другая скрытая карта — фуллереновые сосуды. Полость углеродной сферы достаточно велика, чтобы в нее поместился отдельный атом или даже молекула. Такая внедренная частица приобретает совсем другие, порой удивительные, свойства. Например, атом азота, заключенный в каркас  $C_{60}$ , совсем не стремится вы-



12 Две проекции хлорида  $C_{60}Cl_{30}$

рваться оттуда или образовать какие-либо связи с атомами углерода фуллеренового каркаса. Фуллереновые мячики с внедренными атомами азота по-прежнему обладают свойствами  $C_{60}$  и вступают, например, в реакцию Бингеля. Факт существования изолированного атома азота при комнатной и даже повышенной температуре поистине удивителен, ибо, для того чтобы получить атомарный азот другим способом, требуется затратить немало сил и энергии. Сейчас непонятно, как разыграть эту карту. Однако если бы нашелся способ легкого получения таких эндофуллеренов и последующего столь же легкого освобождения атомов азота, в распоряжении человечества оказалось бы мощнейшее химическое хранилище энергии. А сколько еще удивительного может открыться под теми картами, которые мы пока видим только с рубашки. Если кому это и известно, так только тем исследователям, кого фуллереновые сети опутали и зачаровали своей красотой. Когда-нибудь и мы об этом узнаем.



# Фуллереновые чудеса

Все новые и новые химики пытаются найти достойное применение красивым конструкциям, получаемым на основе углеродных сфер. И некоторым это удастся.

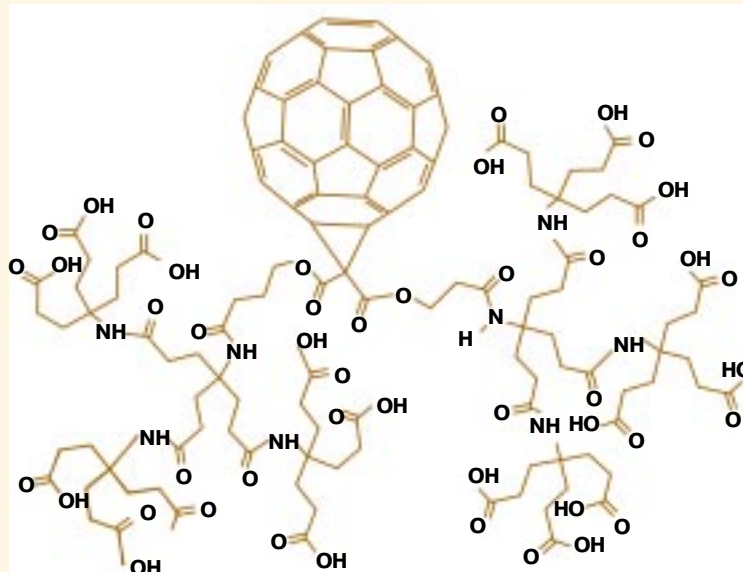


ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

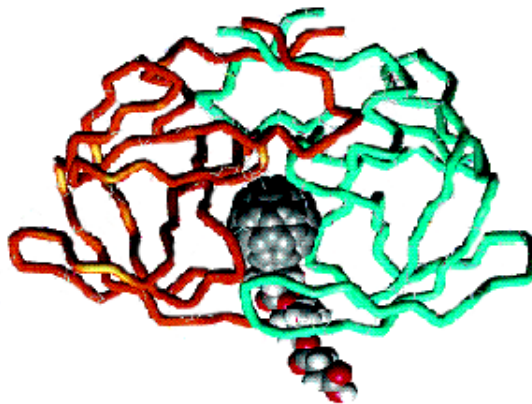
## Фуллерен лечит СПИД?

В настоящее время на основе производных фуллеренов весьма активно разрабатывают различные медицинские препараты. В частности, большие надежды связаны с возможностью найти лекарство от СПИДа. Его вирус весьма изменчив, но в одном нам повезло: важнейший белок, ответственный за проникновение вируса в кровяные клетки — ВИЧ-1-протеаза, — имеет сферическую полость диаметром 10 А, форма которой остается постоянной при всех мутациях. Такой размер почти совпадает с диаметром молекулы фуллерена! Об этом написал один из студентов американскому профессору Ф.Вудлу в том самом незабываемом для химии фуллеренов 1993 году. Профессор пригласил студента работать к себе в лабораторию, и вскоре вышла их статья, в которой они доказали, что производные фуллеренов действительно ингибируют ВИЧ-1-протеазу. С тех пор были проведены сотни экспериментов, много разных производных фуллерена были синтезированы. Но самым перспективным оказалось лишь одно из них. Оно растворимо в воде и вполне успешно «затыкает» активный центр ВИЧ-протеазы (рис. 1), без которой невозможно образование новой вирусной частицы. Сейчас это вещество проходит последнюю стадию клинических испытаний.

Более того, различные производные фуллеренов показали себя эффективными средствами для лечения онкологических заболеваний и бактериальных инфекций.



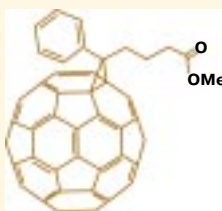
1  
*Метанофуллерен такого строения (а) отлично помещается в полость протеазы ВИЧ (б) и не дает ей работать*



## Материал третьего тысячелетия

Некоторые производные фуллеренов оказались уникальными материалами, на основе которых были созданы так называемые пластиковые солнечные батареи. Активный слой батареи — смесь производного фуллерена (рис. 2) и проводящих полимеров (политиофенов, полифениленвиниленов). В этих полимерах все двойные связи сопряжены и образуют нанопровода, по которым легко переносится заряд. Принцип работы батарей так же прост: при облучении видимым светом электрон с полимера (это донор) переносится на фуллерен. Далее электрон мигрирует по соседним фуллереновым шарикам, стремясь к алюминиевому аноду. А положительные заряды (так называемые дырки) бегут по цепи по-

2  
*Подобное соединение фуллерена когданибудь поможет создавать солнечные батареи из углерода*



лимера к прозрачному катоду — тонкому слою оксида индия-олова, нанесенному на полимерную подложку.

Процесс производства батарей не сложен. Устройство, напоминающее струйный принтер, заряжают картриджами с раствором производного фуллерена и полимера. Вместо бумаги в

принтер вставляют полимерную пленку с проводящим слоем и запускают печать. Далее поверх напечатанной солнечной батареи похожим методом наносят алюминиевый анод.

Готовое изделие представляет собой пленку, которую можно скатывать в рулоны, придавать ей нужный цвет, форму и даже разрезать. Такой материал уже начинают использовать для облицовки стен зданий, производственных корпусов и крыши. Возникает вопрос: ведь производные фуллерена дороги? Да, дороги. Но толщина наносимого слоя составляет полсотни нанометров, а, значит, одного грамма производного фуллерена хватает на сотни квадратных метров пленки.

П.А.Трошин

# «Видом как деревце»

**Р**астения и минералы порой обнаруживают поразительное внешнее сходство. В прошлом это толкало естествоиспытателей на смелые обобщения. Саксонский профессор И.Ф.Генкель (1679–1744), учитель молодого Михаила Ломоносова, в сочинении «Сатурническая флора. О родстве растений с царством минералов» утверждал, что между растительным и каменным царствами существует изначальное родство, что растения подражают рудным жилам, а руды и минералы «произрастают» подобно растениям. По-видимому, подобные идеи не были чужды и К.Линнею, когда он пытался распространить на минералы принципы своей номенклатуры растений и приписывал кристаллам «отцовское и материнское начала». Против такого подхода протестовал много сделавший в минералогии и других естественных науках И.В.Гете, который опубликовал в 1789 году письмо к коллегам «О кристаллизации и произрастании». Попытки представить некоторые минеральные формы как переходные от кристаллов к растениям предпринимались вплоть до конца XIX столетия. Что же послужило поводом искать — и находить — сходство между «косным» минералом и живым организмом, традиционно противопоставляемыми друг другу?

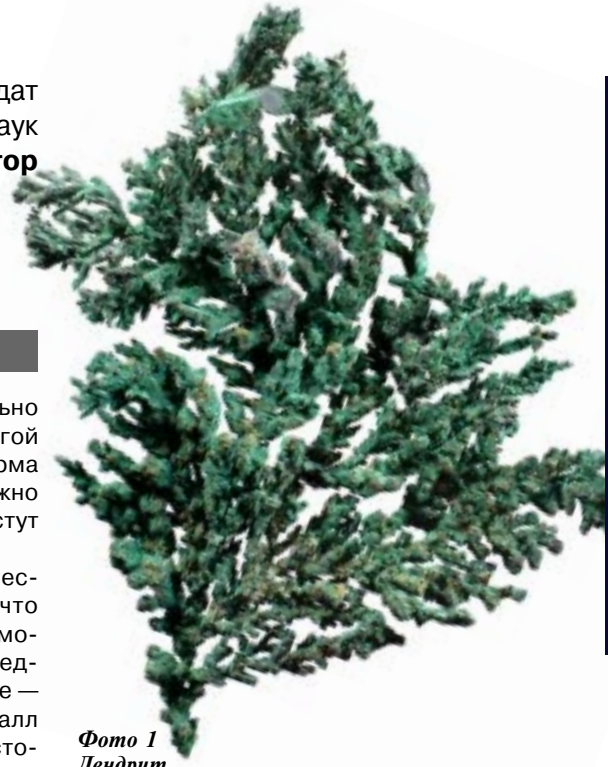
Работая в 1741 году над «Каталогом камней и окаменелостей минерального кабинета Кунсткамеры Академии наук» (будущего Минералогического музея РАН им. А.Е.Ферсмана), М.В.Ломоносов включил в него, в числе всякого рода «монстрозитов», описания «железных цветов» меди и серебра «видом как деревце». Сегодня подобные экспонаты можно видеть и в минералогических музеях, и в частных коллекциях (фото 1). Минералогии именуют их «дендритами», что как раз и означает «видом как деревце» — в переводе на греческий язык, согласно традиции минералогической номенклатуры. Дендриты самородной меди часто покрыты зелеными налетами «вторичных» минералов — малахита  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  и атакамита  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_2$ . Почему кристаллы минералов принимают столь

причудливую форму, действительно напоминающую растения? И с другой стороны, какой должна быть форма кристалла? Чтобы узнать это, нужно понять, как и, главное, почему растут кристаллы.

Ответ на последний вопрос известен: кристаллы растут потому, что этого требует второе начало термодинамики. Точнее, одно из его следствий: процессы во всякой системе — в данном случае в системе «кристалл + питающая его среда» — идут в сторону уменьшения свободной энергии (той части энергии системы, которая может совершать работу). Носители свободной энергии — это главным образом некомпенсированные химические связи частиц кристаллизующегося вещества, хаотично распределенных в питающей среде — растворе, расплаве или газе. Когда эти частицы объединяются в кристалле, связи взаимно компенсируются, а их свободная энергия переходит в теплоту и рассеивается. Кристалл растет постольку, поскольку уменьшается свободная энергия системы.

На поверхности кристалла все же остаются свободные связи, так как у наружного слоя частиц они компенсированы только изнутри, со стороны тела кристалла. Поэтому поверхность тоже несет свободную энергию, создавая вокруг кристалла силовое поле — именно оно и берет на себя «механику» кристаллизации. Более того, с ростом кристалла растет и эта часть свободной энергии, поскольку увеличивается поверхность. Но количество компенсированных связей растет быстрее — как куб линейного размера, тогда как поверхность — лишь как квадрат размера. В результате свободная энергия системы уменьшается, что и служит с энергетической точки зрения побудительной причиной кристаллизации.

Но раз поверхность кристалла — носитель свободной энергии, то принцип минимизации следует распространить и на нее: наращивая массу, кристалл одновременно стремится обрести наиболее компактную форму с минимальной, при данной массе, поверхностью. Такая форма назы-



*Фото 1  
Дендрит  
самородной меди (покрыт налетом  
малахита и атакамита). Джезказган,  
Центральный Казахстан  
(все фото — автора)*

вается равновесной. Казалось бы, здесь и ответ на поставленный вопрос: именно равновесной должна быть форма кристалла. Но откуда же в таком случае берутся «монстрозиты» видом как деревце? И вообще: равновесная форма — единственная для каждого минерала, тогда как любой минерал известен в разных формах. Например, для кальцита  $\text{CaCO}_3$  их насчитано около полутора тысяч.

Насколько важен внешний облик кристалла? Выяснить это можно, оценив вклад внешности кристалла в энергетический баланс кристаллизации. Примем упрощающие допущения: форма кристалла — куб; плотность поверхностной энергии на всех гранях одинакова. Переход 1 моля вещества в кристаллическое состояние высвобождает энергию в десятки килоджоулей. Для меди 1 моль составляет 64 г; для большинства других минералов 50–250 г. При плотности меди  $8,6 \text{ г/см}^3$  объем кристалла равен  $7,44 \text{ см}^3$ , ребро куба  $1,95 \text{ см}$ , общая поверхность граней  $1,95^2 \cdot 6 \approx 23 \text{ см}^2$ . Плотность поверхностной энергии кристаллических тел обычно не превышает  $10^{-7} \text{ кДж/см}^2$ . Получается, что вся поверхностная энергия нашего кристалла составляет величину порядка  $10^{-6} \text{ кДж}$ , то есть очень малую долю общего энергетического итога процесса кристаллизации. Даже если по какой-либо причине форма кристалла отклонится от равновесной настолько, что его поверхность раз-





Фото 2

*Дендрит нашатыря. Рават, Таджикистан*

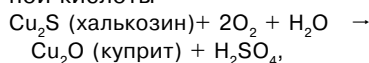
растет в тысячу раз, вклад ее в энергетический баланс все еще остается весьма скромным.

Другое дело, если кристаллизация идет вблизи состояния равновесия, то есть при весьма малом пересыщении питающего раствора. В этом случае энергетический эффект от наращивания массы кристалла также весьма мал, и влияние формы кристалла становится более ощутимым. Поэтому малое пересыщение энергетически стимулирует приближение к равновесной форме. Но чтобы получить ее в чистом виде, свободной от любых несовершенств, необходимо, чтобы в процессе кристаллизации пересыщение было не «весьма малым», а бесконечно малым, и рост кристалла, следовательно, бесконечно медленным. Иными словами, равновесная форма кристалла — это такая же абстракция, как, скажем, понятие идеального газа. Она необходима для теоретических построений, а также для изображения абстрактных абсолютно совершенных кристаллов. Энергетический вклад формы существует лишь на начальной стадии роста, когда масса кристалла еще мала. Поэтому мелкие кристаллики, как правило, совершеннее крупных.

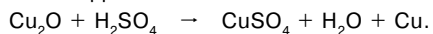
Чем дальше от состояния равновесия, то есть чем выше степень пересыщения питающего раствора, а значит, и возможная скорость роста, тем безразличнее к форме система в целом и сам растущий кристалл. Кристалл в таких условиях стремится поскорее набрать массу и не особенно заботится о своей внешности. Облик его диктуется не столько стремлением к равновесной форме, сколько приспособлением к конкретной об-

становке. И это — счастливое обстоятельство: оно не только порождает разнообразие форм природных кристаллов, но и снабжает кристаллы «автобиографиями» — персональными признаками собственного происхождения.

Вернемся к нашему дендриту меди (фото 1). Большей частью самородная медь образуется при окислении рудных минералов — медных сульфидов. Под действием воды, обогащенной атмосферным кислородом, сульфид меди (например, халькозин) окисляется до оксида (куприта) и серной кислоты



а те, в свою очередь, реагируют между собой с образованием самородной меди:



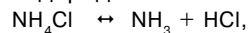
Таким образом, кристаллизация самородной меди идет одновременно с продуцированием самого ее вещества, а кристаллизатор — полость или щель в горной породе — выполняет роль реакционного котла. Но если бы мы захотели разобраться в энергетическом раскладе процесса, то следовало бы условно разделить его на две фазы: реакцию продуцирования частиц меди и отдельно — сборку из этих частиц кристалла самородной меди.

Питающий раствор застывает в трещине, где растет медный самородок. Питание он получает только за счет диффузии реагентов. Пересыщение достаточно велико, чтобы обеспечить высокую скорость роста, но вялый массоперенос к поверхности самородка обрекает его на голодный режим. И наш кристалл сам берется за дело: он растет навстречу источнику питания. Огибая препятствия, проникая в промежутки между сосед-

ними кристаллами, он разрастается отдельными ветвями, каждая из которых стремится в сторону более крепкого раствора и подальше от конкурирующих соседних ветвей. Вопреки требованию минимизации, поверхность развита чрезвычайно, цель достигнута за кратчайшее время, энергетическая же цена такого компромисса невелика: это та мелочная дополнительная плата, которую можно было бы получить, по всем правилам дожидаясь достижения равновесной формы. Так образуется дендрит.

Но ведь именно так растут дерево и кустарник, и их ветви разрастаются в разные стороны тоже в стремлении к источникам питания — к свету и воздуху. Можно понять чувства И.Ф.Генкеля: между минералами и растениями в самом деле есть что-то общее — не только внешнее сходство, но и способность к примитивной приспособительной реакции.

Вот еще один представитель дендритов — природный нашатырь  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (фото 2). В отличие от медного, ветви этого дендрита параллельны, что дает основание считать его, пусть с некоторой натяжкой, монокристаллом. Образовался он при подземном пожаре залежи каменного угля. Нашатырь встречается также среди продуктов извержения вулканов. Нашатырь знаком каждому, кому приходилось заниматься пайкой. Это лучшее средство для чистки паяльника: нашатырь мигом удаляет окалину с погруженного в него нагретого жала. При этом часть нашатыря «возгоняется», образуя белый дым. На самом деле под действием высокой температуры он разлагается на аммиак и хлористый водород:

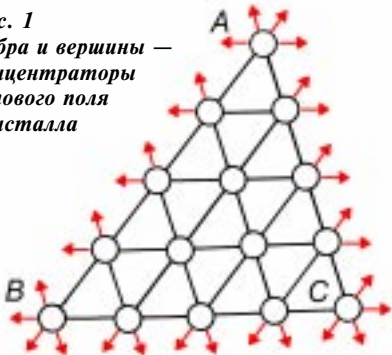


которые тут же реагируют друг с другом, и реакция идет в обратном направлении с образованием дыма из кристаллических частиц нашатыря. Разложение происходит на контакте с жалом паяльника при высокой температуре, а синтез — при относительно низкой, дальше от источника тепла. При  $335^\circ\text{C}$  наступило бы равновесие и содержание участвующих в процессе веществ не менялось бы.

Аналогично пересыщению при кристаллизации из раствора, действующей силой кристаллизации в газовой фазе служит переохлаждение — отклонение температуры системы от температуры равновесия. Если оно очень мало, то медленно растут совершенные кристаллы, а форма их приближается к равновесной. На фотографии нашатыря она показана в верхнем левом углу; это ромбический двенадцатигранник, или, как его называют в кристаллографии, ромбододекаэдр. С увеличением переохлаждения скорость роста лимитируется массопереносом, и могут возникнуть проблемы с питанием растущих кристаллов. Тогда форма их все более усложняется и отклоняется от равновесной. Резкое, глубокое переохлаждение приводит к быстрому образованию множества микроскопических кристалликов — дыма. Таким образом, по виду кристаллов можно судить об условиях их образования.

Поскольку наш кристалл имеет значительную величину, следует предположить, что вырос он не очень далеко от источника тепла. Но и не слишком близко, о чем говорит сложная, явно неравновесная форма. Значит, скорость роста могла быть сравнительно высокой, но, как в примере с медью, ее ограничивал медленный темп подачи «строительных материалов». В застойной атмосфере непрветриваемой полости рост кристалла происходил в диффузионном режиме. Вблизи граней концентрация строительных материалов была очень низкой, так как они быстро усваивались растущим кристаллом, а диффузия не справлялась с подачей новых частиц. В лучшем положении находились выступающие части кристалла — ребра и в особенности вершины. Они глубже проникали в питающую среду, да и внешнее силовое поле кристалла здесь было сильнее, так как на ребрах и вершинах больше остаточных свободных связей (рис. 1). В таких условиях ребра и вершины растут быстрее граней. Возникают специфические формы, именуемые скелетными

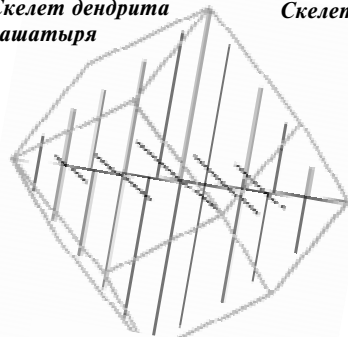
**Рис. 1**  
Ребра и вершины — концентраторы силового поля кристалла



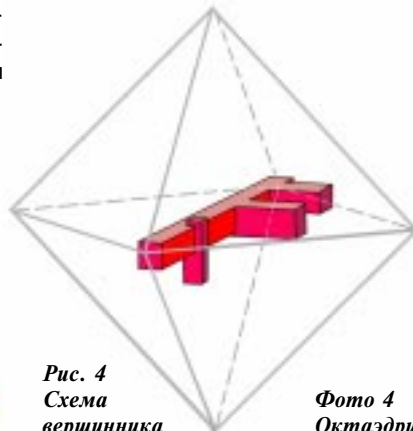
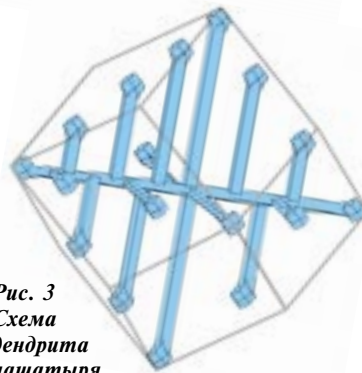
(кристалл напоминает рыбий скелет), — «реберники» и «вершинники». Идеализированный, абстрактный скелетный кристалл — это в самом деле просто «скелет», не более чем примитивная картинка из плоскостей или линий — траекторий перемещения ребер или вершин кристалла во время его роста. Реальный же кристалл не может состоять из одно- или двумерных геометрических образов: его элементы несут ограничение, свойственное данному веществу.

Если в диффузионном режиме переохлаждение (или пересыщение) велико, то в отдельных выступающих точках реберного скелетного кристалла зарождаются дополнительные центры роста. Такие точки и неровности постоянно возникают на фронте роста из-за неравномерности питания и разного рода флуктуаций, и картина немедленно усложняется благодаря

**Рис. 2**  
Скелет дендрита нашатыря



**Рис. 3**  
Схема дендрита нашатыря



**Рис. 4**  
Схема вершинника кунрита

положительной обратной связи. Фронт роста ребра разрывается — начинается рост отдельными точками. Плоскость — траектория ребра — разделяется на параллельные траектории, и каждая получает собственное ограничение: реберник превращается в батарею вершинников. Наш дендрит нашатыря (фото 2) — как раз такой случай. Его скелет составляют траектории отдельных точек (рис. 2), и каждая траектория обросла плотью кристаллического тела. Внимательно разглядев снимок и призвав на помощь пространственное воображение, обнаружим, что ось дендрита ориентирована по пространственной диагонали ромбододекаэдра, а каждая совокупность параллельных траекторий лежит в диагональной плоскости. Каждая веточка ограничена гранями ромбододекаэдров (рис. 3); правда, форма их почти до неузнаваемости искажена, од-

**Фото 3**  
Скелетный кристалл куприта. Гора Высокая, Средний Урал



**Фото 4**  
Октаэдрический вершинник гроссуляра  $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$  — кальцево-алюминиевого граната. Река Вилюй, Якутия

нако на свободном конце веточки сохранилась почти идеально — это хорошо видно на фотографии.

После этого не совсем простого упражнения уже нетрудно представить, что кристалл куприта на фото 3 — не что иное, как вершинник-октаэдр. Скелет кристалла состоит из траекторий вершин октаэдра, и таким образом ветви вершинника расположились вдоль его пространственных диагоналей (рис. 4). А огранены они участками граней куба (прямые углы между гранями). Обе формы — октаэдр и куб — конечно же для данного минерала «родные».

Беглый обзор дендритных и скелетных форм минералов дополним, с одной стороны, ярко выраженным, но весьма редким октаэдрическим вершинником граната (фото 4), и с другой — едва наметившейся тенденцией реберного роста галенита — сульфида свинца (фото 5).

Происхождение «кварцевых скипетров» (фото 6) связано с «отравлени-

кварца. Оказавшись в теле кварцевого кристалла в качестве структурных дефектов, ионы железа придают ему аметистовую окраску. Вот почему скипетровидная форма так характерна для аметиста — фиолетовой разновидности кварца. На фото 7 видно, что дымчатые кристаллики кварца, будучи заблокированы примесями,

образуют нормальные полногранные кристаллы. При достаточном массопереносе к поверхности кристалла пустые промежутки скелетного кристалла постепенно зарастают. Скелетный дендрит нашатыря становится все более похожим на ромбододекаэдр, вершинник куприта — на октаэдр и т.д.

Итак, природные кристаллы представляют собой продукты компромисса между двумя ведущими тенденциями — минимизацией свободной энергии системы и минимизацией продолжительности процесса. Такие компромиссы неизбежны,

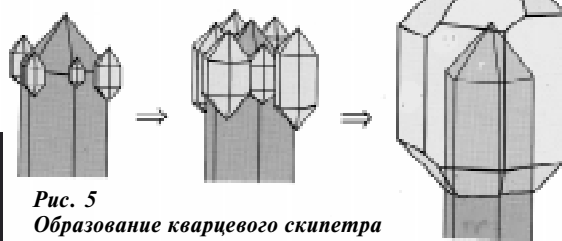


Рис. 5  
Образование кварцевого скипетра



Фото 5  
Кристалл галенита PbS с признаками реберного роста. Дальнегорск, Приморский край



Фото 6  
Скипетровидный кварц. Ватиха, Средний Урал



Фото 7  
Скипетровидные кристаллы аметиста. Прибалхашье, Казахстан

ем» роста посторонними примесями, обычно железистыми веществами или органикой (битумами). Появившись в растворе, примесь адсорбируется на поверхности кристалла и блокирует его рост. Однако выступающие части кристалла, главным образом вершины его головки, и здесь оказываются в преимущественном положении. Там кристаллу удается пробиться сквозь экран, и с течением времени наросты на вершинах сростаются в одно скипетровидное утолщение (рис. 5). В процессе образования скипетра небольшое количество железа захватывается кристаллической решеткой

так и остались мелкими и серыми, тогда как самые «пробивные» получили шанс и развились в крупные, красиво окрашенные скипетры аметиста.

В дендритных и скелетных формах известны разные минералы, а для некоторых эти формы особенно характерны. Но это не значит, что дендритный или скелетный рост — специфика тех или иных конкретных минералов. Специфика состоит в условиях образования. В иных условиях куприт, нашатырь, самородная медь, кварц и другие минералы, известные в дендритных или скелетных формах,

поскольку реальные процессы кристаллизации конечны, а «бескомпромиссный» равновесный продукт возможен лишь гипотетически — при бесконечном росте. В природе прекращение роста происходит из-за заполнения имеющегося для кристаллизации пространства, истощения питающего раствора, изменения геологических или физико-химических условий. И если бы не стремление «сделать дело как можно скорее», то вместо прекрасного и бесконечно разнообразного мира природных кристаллов мы имели бы скудный набор образцово-показательных одинаковых кристаллических многогранников.





*Вид  
Овернской долины*

# Великий эксперимент на Пюи-де-Дом

*Вид Клермон-Феррана.  
На заднем плане — Пюи-де-Дом*



**К**ак ни странно, широкую известность Пюи-де-Дом (1463 м), одной из вершин Центрального массива во Франции, принес человек, который ни разу на нее не взбирался и которого постоянно одолевали тяжелые недуги. Но это был великий человек. Его имя совсем не случайно упоминается, когда говорят о Пюи-де-Доме.

Гора находится совсем рядом со столицей древней исторической области Овернь — городом Клермон-Ферран. На нее нетрудно взойти, чтобы

полюбоваться окрестностями. Недалеке от вершины виднеются остатки древнеримского храма, посвященного богу Меркурию, который покровительствовал не только купцам, но и путешественникам и был одним из самых почитаемых. Сюда стекались паломники, по-видимому, не только из близлежащих мест. Возможно, гора получила название из-за этого храма («дом» по-французски — храм). Впрочем, «дом» означает еще и купол, и, скорее всего, именно это определило название вершины.

Кандидат  
географических наук  
**Ю. Супруненко,  
П. Супруненко**

Ныне мирно зеленеющие горы в Оверни — это уснувшие вулканы. Тысячелетия спрятали следы былых катастроф. «И однако, какая красота: меланхолическая, суровая, почти вызывающая страдание. Она притягивает, но и вызывает желание убежать», — писал о горах Центрального Французского массива Ж.Верньо, а Жан Кокто сравнил Пюи-де-Дом с горбом.

Где Мопассан, признавая Пюи-де-Дом «королем овернских гор», называл цепочку этих вершин чудовищными волдырями: «Выросли какие-то странные усеченные конусы — одни устремленные вверх, другие приземистые, но все они сохраняли угрюмый облик мертвых вулканов. Эти грузные горы-обрубки с плоской, срезанной вершиной тянулись с юга на запад по огромному унылому плоскогорью, которое поднималось на тысячу метров над Лиманью, нависало над карнизом с востока и севера и уходило к невидимому горизонту, всегда затуманенному голубоватой дымкой.

Справа поднимался Пюи-де-Дом, выше всех своих собратьев, семидесяти или восьмидесяти вулканов, давно уже спящих непробудным сном; подалее виднелись Гравнуар, Круэль, Педж, Со, Ношан и Ваш (Пюи-де-Ваш — Коровья гора. — **Ю.С.**); ближе всех вырисовывались вершины Париу, Ком, Жюм, Трессу, Лушадьер. Огромное кладбище вулканов.

Всех поразила эта картина. А внизу зеленела травяным своим покровом большая и глубокая воронка — кратер Нюжера, на дне которого еще сохранились три исполинских темно-коричневых глыбы — лава, извергнутая последним вздохом чудовища, упавшая обратно в мертвую его пасть и навсегда застывшая в ней много веков назад.

Горан крикнул:

— Я спущусь на дно кратера! Хочу посмотреть, как эти зверюги умирали. Ну, кто со мной?»

С Пюи-де-Дом и другими горами связаны многочисленные страшноватые, напоминающие о нечистой силе предания. Здесь рассказывали легенды о том, что вершина была излюбленным местом сборищ колдунов и



Такой увидел Овернь французский художник Теодор Руссо



Овернь



Органная гора

ведьм, а дьявол наделял здесь своих подручных силой наводить порчу, очаровывать, а то и лечить...

**К**лермон-Ферран был родным городом человека, о котором идет рассказ. Семейное предание, а точнее, воспоминания его родственницы сообщает о случае, являющем некоторую связь с храмово-дьявольской горой.

Мальчик родился 19 июня 1623 года очень болезненным. Его слабость сопровождалась двумя совершенно необычными обстоятельствами. Он не мог смотреть на воду без вспышек конвульсий. И еще более странно — он не мог видеть отца и мать рядом друг с другом. Спокойно терпел их ласки по отдельности, но стоило им появиться вместе, как он начинал кричать и биться в иступлении. Поло-

жение осложнилось до того, что казалось: он вот-вот умрет.

По городу распространился слух, будто малыша сглазила женщина-колдунья из тех, что слетаются на шабаш на Пюи-де-Дом. Отец мальчика, клермонский судья, позвал эту «ведьму» в дом и пригрозил, что, если она не признается в своем колдовстве, ее повесят. (А по тем временам такие приговоры во Франции, как и по всей Европе, выносились тысячами.) Женщина упала на колени, повинилась и пообещала спасти дитя. Но для этого необходимо, чтоб вместо него погиб кто-то другой. На что честный судья будто бы ответил: пусть уж лучше погибнет его сын, чем невинный человек.

Сошлись на том, что жертвой может быть кошка. Кроме того, мальчику требовалось положить на живот припарку из девяти листов трех ви-

дов трав, собранных на склонах Пюи-де-Дома до захода солнца ребенком не старше семи лет. После выполненных предписаний сын судьи оказался недвижим, пульс не прощупывался. Разъяренный отец вlepил колдунье такую пощечину, что та чуть не свалилась с лестницы, но все же завалила судью, что после полуночи ребенок очнется и выздоровеет. Так и случилось. Более того, со временем, по переезде семьи в Париж, в нем проявились черты гениальности.

Блез Паскаль, о котором идет речь, стал великим математиком, физиком, философом. Его открытия, формулы, закон его имени, единица измерения давления, названная в его честь, афористичные мысли вошли в учебники и энциклопедии всех стран. Придумав арифметическую машину (предшественник арифмометра), он стал и отдаленным предком нынешней кибернетики. Кстати, его замечание, высказанное еще в середине XVII века, перекликается с современными спорами о возможностях и пределах кибернетического моделирования: «Арифметическая машина осуществляет действия, которые ближе к действиям мысли, чем все производимое животными; но она не делает ничего такого, что указывало бы на то, что у нее есть воля, как она есть у животных».

Открытия следовали одно за другим, несмотря на недуги и страдания, не отпускавшие его с 18 лет. (Паскаль дожил лишь до 39 лет и, по результатам современных медицинских исследований, страдал раком мозга, кишечным туберкулезом и хроническим ревматизмом.)

Паскалевский «мыслящий тростник» (так философ образно определял человека) не просто делает выбор, созерцает, обобщает, идет от истины к истине. В это время в науке еще продолжались споры о том, что же заставляет воду в водяном насосе подниматься вверх: то, что «природа боится пустоты», как заявлял Аристотель, или тяжесть воздуха, который давит на жидкость и загоняет ее в трубу насоса. Эванджелеста Торричелли уже провел в 1644 году свои

опыты со стеклянными трубками, заполненными ртутью и запаянными с одного конца. Он подтвердил вторую точку зрения, и его результаты вскоре стали известны европейским ученым. Не все, однако, смогли повторить работы великого итальянца.

Паскаль проявил невиданную настойчивость и дотошность неутомимого экспериментатора. Живя в Руане, который славился искусными стеклодувами, ученый продолжил опыты с «трубками Торричелли». Эксперименты он проводит на корабле у причала. Две трубки 12-метровой длины, которые не так-то просто было изготовить, привязали к корабельной мачте, одну заполнили вином, другую водой, и все увидели, что уровень жидкостей был разным — он зависел от их плотности.

Далее последовали новые опыты с трубками различных конфигураций, наполненными ртутью. Затем Паскаль занялся «категорическим», окончательно неопровержимым «великим экспериментом равновесия жидкостей». Суть его состояла в том, чтобы провести опыт с пустотой у подножья и на вершине горы. Вот тут выбор ученого и пал на Пюи-де-Дом. В Клермоне жил зять Паскаля Флорен Перье, человек, не лишенный научных интересов. В 1647 году в письме к нему Блез писал: «Вы, конечно, представляете, что этот эксперимент является решающим и что если бы высота ртути на вершине горы оказалась меньшей, нежели у подошвы (а верить в это у меня есть много оснований, несмотря на то что все, кто писал об этом предмете, придерживаются другого мнения), то следовало бы с необходимостью заключить: тяжесть воздуха, а не боязнь пустоты является единственной причиной подвешенности ртути».

Все вроде бы подходило для проведения эксперимента: высота горы, близость ее от города (ведь надо было переносить трубки, сосуды, ртуть и другое оборудование), но Пюи-де-Дом долго сопротивлялась, прячась от людей в снегах, тумане и облаках. Наконец назначили день. Утром в монастырском саду собрались уважаемые люди Клермона: каноник кафедрального собора Монье, аббат Бонье, врач Лапорт, советники палаты соборов Лавилль и Бегон. Руководил Флорен Перье.

Родственник Паскаля налил в сосуд 16 фунтов ртути. В двух стеклянных трубках, запаянных с одного конца, он выполнил уже известный эксперимент Торричелли. Ртуть в каждой из трубок опустилась на равную высоту. Затем

он отметил на одной из трубок уровень ртути и поручил наблюдать за его возможным изменением благочестивому и благоразумному отцу Шастену. Сам же с помощниками взял вторую трубку и поднялся на Пюи-де-Дом.

Наблюдение вызвало у исследователей восхищение. Разница уровней



ртути на вершине горы и в саду составила 3 дюйма 1,5 линии. Опыт повторили еще пять раз в разных условиях: на открытом и защищенном месте, под солнцем, в дождь и туман. Результат оставался тот же. Спустились вниз, в монастырский сад. Отец Шастен сообщил, что никаких изменений в оставленной трубке не наблюдалось. Хотя погода и здесь способствовала достоверности опыта, прояснение сменялось дождем, ве-

тер — туманом. На другой день просвещенные отцы предложили еще раз провести этот опыт на верху самой высокой городской башни собора Нотр-Дам-де-Клермон. Измерения подтвердили, что уровень столбика ртути падает с увеличением высоты над уровнем моря.

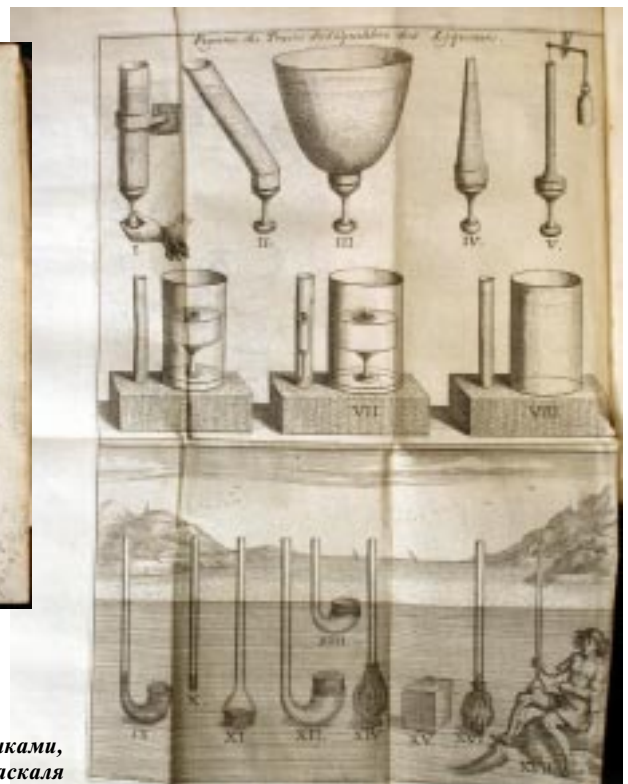
Прочитав послание от зятя с подробным отчетом, Паскаль еще несколько раз повторил этот опыт в Париже, на башне Сен-Жак, где позже ему поставили памятник. Полученные результаты не оставляли никаких сомнений в неопровержимости «великого эксперимента», как его назвал сам Паскаль: природа не «боялась пустоты», и жидкость держалась в трубке благодаря тяжести атмосферного воздуха.

Вслед за этими открытиями появились устройства для измерения атмосферного давления и манометры различного назначения. Среди них были и приборы, позволяющие определять высоту гор в трудных полевых условиях. Известность Паскаля росла.

Впрочем, к славе выдающийся естествоиспытатель в последние годы своей многострадальной и короткой жизни относился спокойно, философски. «Она, — не без иронии писал он в своих знаменитых «Мыслях», — так приятна, что мы ее любим, с чем бы она ни соединялась, даже хоть со смертью». И призывал проникнуться сознанием, что подлинная жизнь человека не прекращается со смертью, а, наоборот, только начинается.



Титульный лист трактата Паскаля «О равновесии жидкостей»



Страница из книги с рисунками, иллюстрирующими закон Паскаля



Парк Вулкания

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Пройдя через опыт физико-математического рационализма, Паскаль одним из первых среди ученых поставил вопрос о границах научности, призывал дополнить доводы разума доводами сердца. Как современно это звучит сейчас, в эпоху ядерной энергии, генетических манипуляций, экологических кризисов и милитаризации космоса! Великий француз логикой стремился убедить скептиков, сомневающихся в истинности христианства. Христианское учение было для него разрешением загадок и противоречий бытия. Замечательно своим рационализмом суждение Паскаля о необходимости верить в Бога: «Если Бога нет, то, веря в него, человек ничего не теряет; если же Бог есть, не верящий в него теряет все». Довод, основанный скорее на математической логике и теории вероятностей, чем на слепой вере.

Вообще же попытка соединить рациональное с религиозным была характерна для мировоззрения многих известных овернцев. В этом краю, как считают географы и этнопсихологи, где подземные inferнальные силы четко обозначили свое присутствие, буквально застолбив территорию куполами и конусами бывших вулканов, мааровыми озерами (воронкообразными впадинами вулканического происхождения, образующимися в результате взрыва газов), термальными источниками, человеку нужен какой-то противовес. Однако, глядя на эти проявления титанических, казалось бы, неземных сил, разум не может найти достаточно доводов. И люди обращаются к Богу. Так было со многими великими овернцами — будь то папа Сильвестр II, или знаменитый физик

Паскаль, или основоположник концепции ноосферы Пьер Тейяр де Шарден. Религия, вера, отношение человека с Богом — лейтмотив их размышлений. В вольнодумной вольтерьянской Франции Овернь — место, где жили самые верные и рьяные католики, набожность которых была основана не на чувстве, не на экзальтации. Вера овернцев не слепая, она укреплялась в краю, помеченном преисподней, как осознанная необходимость и активно пыталась найти опору в разуме.

**Н**ыне же, когда вокруг мертвых вулканов, выходов минеральных вод и горячих источников складывается туристический бизнес, древний вулканизм, горбатые формы рельефа и поствулканические проявления стали визитной карточкой края.

Для привлечения туристов и отдыхающих, их просвещения и образования здесь открыт Национальный центр вулканизма, который затем для большей звучности переименовали в Европейский парк «Вулкания». Эта местная достопримечательность возводилась по проекту известного австрийского архитектора Ханса Холлейна, с которым работал овернский молодой архитектор Филипп Тиксье.

На значительной площади у подножья Пюи-де-Дом расположились необычные сооружения: искусственный вулканический конус с кратером (с глубинными подземными экспозициями), музейные площадки под открытым небом, рассказывающие о роли вулканов в жизни Земли, и так называемый вулканический сад, а также стена циклопической кладки из вул-

канических бомб, кинозал с гигантским экраном, ресторан с экзотическими блюдами и т. п. Искусственные вулканические сооружения — не имитация настоящих, это лишь модели вулканов. По размерам они несопоставимы: высота надземной части объекта — всего 20 м. Однако при их строительстве использовали разнообразные естественные вулканические материалы. С помощью сложных конструкций создатели парка показывают посетителям своеобразный живой орган, который дышит, как Земля, и связан — визуально и по смыслу — с реальным вулканическим окружением Оверни. Здесь можно увидеть «огненную магму», почувствовать «землетрясение», ощутить запах серы, пройти над «лавовым потоком» и близ гейзеров, опуститься в недра Земли и понаблюдать за «подземным очагом вулкана». В оригинальности здесь французы, пожалуй, превзошли американцев, с их вечным стремлением выделиться и быть первыми.

К цепочке потухших вулканов Оверни прибавился новый, «действующий». Поглядеть на «вулкан», а заодно и на галерею знаменитых овернцев, ставивших великие эксперименты в познании истины, приезжают сотни тысяч туристов из разных стран, что самым благоприятным образом сказывается на экономике края.

### Что еще можно прочитать о Паскале

Филиппов М.М. Паскаль, его жизнь и научно-философская деятельность. СПб., 1891.  
Бутру Э. Паскаль. СПб., 1901.  
Кляус Е.М., Погребысский И.Б., Франкфурт У.И. Паскаль. М., 1979.  
Тарасов Б.Н. Паскаль. М., 1979.



# Сорога, балык и другие

## Зимняя сорога

Л.П.Сабанеев в главной книге русско-го рыболова-любителя — «Жизнь и ловля пресноводных рыб» — часто дает советы, как сохранить и заготовить пойманную рыбу, чтобы она порадовала потом наилучшим вкусом. Вот эту тему мне и хотелось бы дополнить, исходя из личного опыта, ибо то, о чем я расскажу, во времена Сабанеева еще не признавалось гастрономией, то есть произведением изысканной кухни.

Речь пойдет о приготовлении вяленой рыбы. Я живу в низовьях Волги, недалеко от Каспия. Издавна наши места известны на всю Россию вяленой и копченой рыбой, особенно знамениты вобла и тарань. Обе эти рыбы — разновидность обыкновенной плотвы, они нерестятся в Волге, а живут и отъедаются в прибрежных водах Каспийского моря. Вобла может достигать килограмма, она жирная, и мясо у нее красноватое. Тарань несколько мельче, но шире, напоминает молодого леща. Вобла и тарань всегда были обильны, волгари ловили и ловят их весной на нересте, просаливая и вялят запас на весь год.

Постепенно выработалась целая культура способов и приемов таких заготовок, были сделаны маленькие, но интересные открытия в этом деле. Например, во времена Сабанеева чехонь и синец (тощий и костлявый братец леща) считались бросовой рыбой, которую только по сильной нужде употребляли в пищу «беднейшие классы». И действительно, в вареном и жареном виде чехонь и синец — костлявая гадость, но если их правильно завялить, то с ними самая лучшая вобла не сравнится! То же самое можно сказать и про знаменитых донских рыбцов.

Много вяленки я перепробовал за свою жизнь, и по большей части она была плохой. Жалко было испорченной по неумению рыбы. Но когда попадались шедевры, то я не успокаивался, пока не допытывался всех секретов их приготовления. А секреты оказались на редкость просты!

Почти все рыболовы-любители, если хотят завялить рыбу, пересыпают улов солью или заливают рассолом, держат так немного и вывешивают на улицу. Часть рыбешек портят мухи, другая часть кое-как высыхает, причем на чешуе выступает соль, а если погода выдалась жаркая, то и жир. Этот жир еще немного прогоркает, что придает вкусу горьковатую, неприятную терпкость.

Настоящая же вяленка чешую имеет чистую и блестящую, на ощупь сухую, весь жир у нее внутри, из-за чего рыба на просвет прозрачна, так что виден ее скелет, мясо не волокнистое, плотное, но не жесткое, соответственный и вкус.

В наших местах у многих хозяев в подвалах гаражей стоят алюминиевые или деревянные бочки. В весеннюю путину они либо сами ловят, либо покупают по дешевке свежпойманную воблу, тарань, синца, чехонь, леща — что придется, а затем опускают все это в свои бочки, где уже залит крепкий рассол. Когда же наступают сухие зимние холода, рыбу вынимают, вымачивают от лишней соли и вешают гирляндами за окнами да по балконам. Вот и весь секрет. На морозе нет мух, жир не испаряется, улетает только вода, мясо тоже не портится. Этот способ открыли астраханцы, ведь вобла для них еще и заработок — надо угодить покупателю. Сначала они вялили весеннюю воблу в своих погребах с ледниками и вентиляцией. Там темно, мухи не садут, прохладно, жир не прогоркает. Но много так не заготовишь, да и спрос на воблу осенью и зимой выше. Вот и додумались вялить ее зимой, а потом хранить круглый год в холодных погребах и продавать по мере спроса.

Довольно часто я езжу к своим друзьям и родственникам в Кострому и на Вологодчину, привожу им в пода-



рок нашу вяленку: воблу, тарань, чехонь и т. д. Эти гостинцы всегда желанны. Там ведь рыбу никогда не вялили, разве что хозяйки, если есть много свежей рыбеи мелочи, подержат ее в рассоле, потом положат в горшок и поставят в духовку еще горячей, остывающей печки. Рыбки после этого легко разваливаются в руках, мясо отделяется от костей и крошится, вкус получается солоноватый, но очень посредственный. Такую рыбешку подают к пиву в дешевых забегаловках Прибалтики.

Между тем в реках Вологды и Костромы, как и в реках Подмосковья, водится местная разновидность плотвы, ее зовут сорога. Это небольшая, длиной с ладонь, узковатая рыбешка, которая тем не менее, когда нагуляет жир, бывает довольно-таки округлой.

Как-то раз я провел на Вологодчине почти месяц: вторую половину сентября и первую половину октября. А холодает в этих местах рано. Каждый день удил на речке Сухоне. Ловилось много хорошей жирной сороги. Улов обычно складывал в сенах дома, где проживал. Однажды взял всю сорогу, пойманную за три дня, сложил в кастрюлю: слой соли, слой рыбы, слой соли, слой рыбы. Потом прикрыл тарелкой, на нее поставил банку с водой для тяжести. Через день рыба дала сок, по-нашему тузлук. Так она у меня пролежала в своем соку три





дня. Затем я ее вынул, обмыл и на три часа положил поплавать в чистую воду. После этого нанизал на веревку и вывесил на улицу, на первый морозец. Через две с половиной недели снял связку, отогрел в комнате, купил пива и созвал родственников и друзей снимать пробу. Попробовав, все сошлись на том, что эдакой славной воблы сроду не едали! «Да не вобла это, — говорю, — а сорога ваша исконная».

Удивил я их тогда, и сейчас с удовольствием об этом вспоминаю. А родственники теперь регулярно пишут мне, кто сколько зимой сороги насушил по моему рецепту.

## Настоящий балык

Я думаю, в России и СНГ нет такого человека, который не знал бы слово «балык». У большинства людей оно ассоциируется с большими, вкусно приготовленными кусками осетрины. Действительно, еще во времена Золотой Орды астраханские купцы начали возить с низовьев Волги на Москву осетрину, а чтобы она не портилась, ее солили и слегка коптили или подвяливали. Само слово «балык» татарски означает «рыба». Поэтому я не могу без смеха видеть в магазинах названия «балык свиной» или «балык из говядины». То есть теперь это слово стало обозначать всего лишь способ изготовления разнообразной рыбной или мясной солонины.

У нас на Волгоградчине рыбные балыки — любимейший парадный деликатес. И не обязательно осетровые,

*Дед Аркадий готовит копченый балык из сома на знаменитой волжской рыбалке*

сейчас так готовят практически любую рыбу, лишь бы она была крупной, чтобы нарезать большими мясистыми кусками. Не годятся только рыбы тощих пород, типа щуки, а так в ход идут и судаки, сомы, сазаны, толстолобы, язи, жерехи. А какой балык из каспийской нельмы-белорыбцы! Почти в каждой второй семье есть свои способы изготовления балыка, но я хочу описать тот, которым пользуется моя мама.

Мы переехали в Волгоградскую область в начале 60-х годов. В то время было полно дешевой осетрины и прочей рыбы. А мать обожала балыки еще со своего послевоенного голодного студенчества в Москве. Она тогда жила в общежитии с сокурсницей из Астрахани, которая после каникул привозила с родины домашние балыки. И когда вокруг стало много подходящей рыбы, мама научилась их делать сама.

Вот ее метода. Она нарезает осетрину или сомятину кусками толщиной сантиметра три-четыре и опускает на четыре дня в кастрюлю с крепчайшим рассолом. Затем вынимает и часа два

отмачивает в чистой воде от лишней соли. После чего развешивает каждый кусок на нехитрых приспособлениях на столе или даже на полу. Между подвешенными ломтями ставит обычный комнатный вентилятор, который обдувает их с разных сторон примерно полдня. На мясе от этого заветривается сухая корочка. Потом каждый кусок плотно заворачивается в отдельную чистую тряпицу и все складывается в холодильник (но не в морозильную камеру), где зреет не меньше месяца, как сыр. После этого балык готов — нарежьте прозрачными листочками да клади на бутерброд с маслом и зеленью.

## Царское гостевое

Этим блюдом меня угощали в Астраханской области, в доме потомственных волго-каспийских рыбаков. Там его называют «царским гостевым». Взяли для него три здоровенных, свежепойманных рыбины: осетра, сазана и судака. Отделили головы и хвосты, из голов вынули жабры. Сложили эти части в казан, залили не очень сильно водой, так, чтобы она стояла не выше двух сантиметров над рыбой, посолили, добавили много разных душистых приправ: зелень, лаврушку, перец горошком. А потом долго варили на медленном огне. Остальные части туш почистили, разделали, порезали на небольшие куски и зажарили, обваляв в муке, на растительном масле. Когда головы и хвосты сварились, варево процедили, и остался густой и красивый бульон. После того как жареное мясо и бульон остыли до комнатной температуры, мясо разложили в один слой на здоровенном блюде, залили бульоном и поставили в погреб, на ледник. Наутро блюдо принесли, и в нем дрожало и искрилось ослепительнейшее заливное... А запах, вернее, дух такой, что мертвого поднимет! Каждому досталась изряднейшая порция, в которой было строго поровну осетрины, судака и сазана.



**М. Гольд्रेер**

# Откуда твое имя?

Статья десятая

## Органические соединения

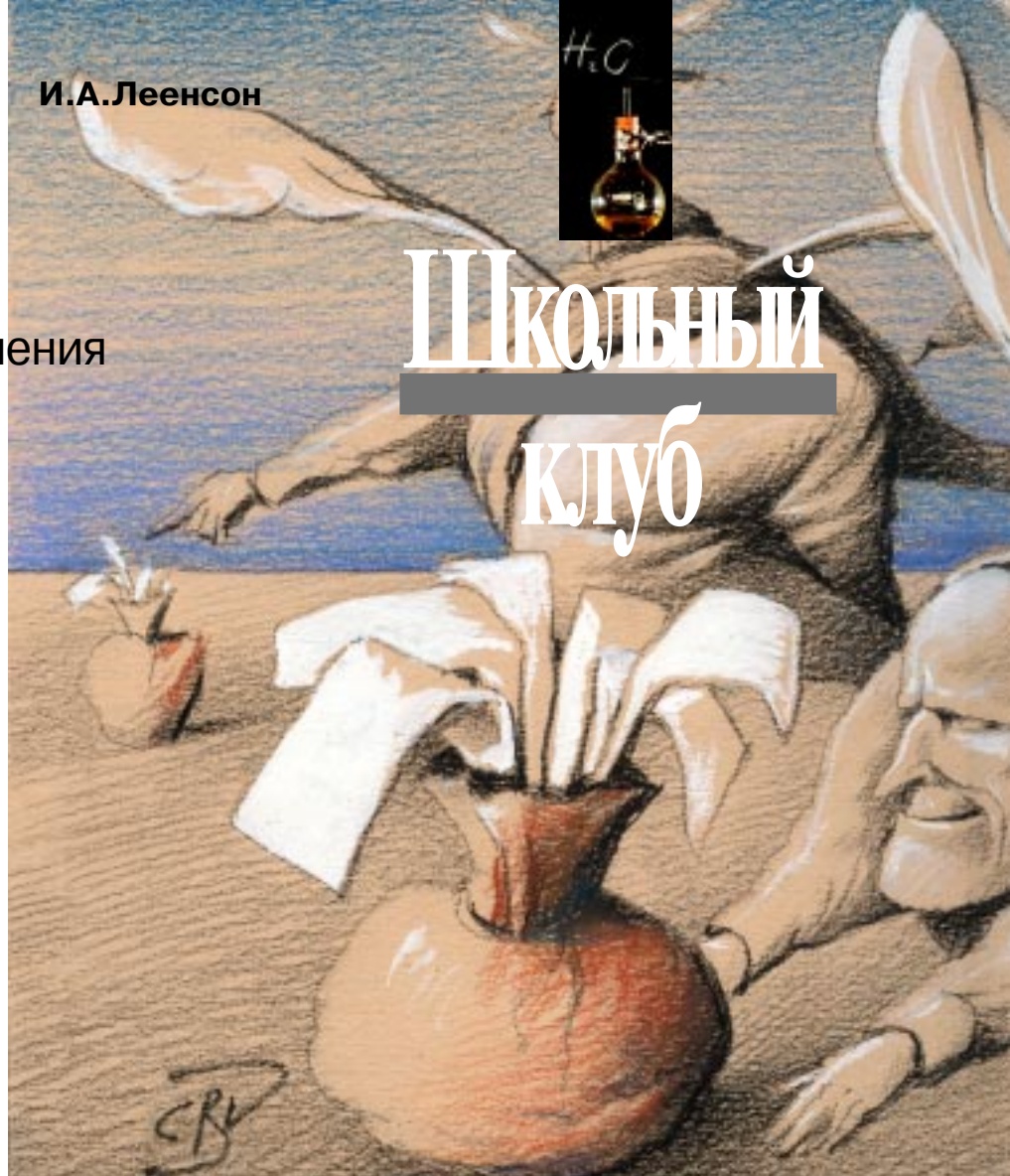
Продолжение

### Кетоны

Среди кетонов более сложного строения, как и среди альдегидов, много душистых веществ. Ионон (по-гречески — фиалка), который в концентрированном виде обладает запахом кедра, а в разбавленном — фиалки (на самом деле существует множество ионов — соединений с близкой структурой); кумарин (из фруктов *Coumarouna odorata*). С одним из пахучих кетонов — карвоном (от франц. *carvi* — тмин) произошла примерно такая же история, как и с цитралем. Карвон был известен давно. Это вещество с очень сильным ароматом (человеческий нос способен почувствовать его при содержании в воздухе всего 17 миллионных долей миллиграмма в литре). Карвон выделяли из тмина, в масле которого его содержится около 60%. Однако точно такое же соединение с тем же строением молекулы было выделено из масла курчавой мяты — там его содержание достигает 70%. Каждый согласится с тем, что мята и тмин пахнут по-разному. Оказалось, что на самом деле карвонов два, а их молекулы отличаются, как правая рука от левой (такие вещества так и называют — хиральными, от греч. *cheir* — рука; отсюда же хирург и хиромантия). Чтобы понять, о каком карвоне идет речь, их называют правым, или d-карвоном (от лат. *dexter* — правый), и левым, или l-карвоном (на латыни *laevus* — левый).

Макроциклические кетоны с 15–17 атомами углерода содержатся в мускусе (в нем найдено и множество других соединений, в том числе лактоны). Мускус добывают из выделений желез мускусной кабарги и некоторых других животных. Название это происходит от санскритского *muska* — мошонка и буквально означает мышка (уменьшительное от *mus* — мышь). Железа ка-

И.А.Леенсон



# ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

барги похожа на яички самцов, что и дало ей название; в Европу же слово «мускус» проникло через Персию.

В аналитической химии для идентификации альдегидов применяется циклический дикетон 5,5-диметилциклогександион-1,3, который сокращенно называется димедоном. Такой способ образования названия из отдельных слогов или букв более сложного термина особенно характерен для лекарственных средств.

В прошлой статье рассказывалось, помимо прочего, о многих душистых соединениях — альдегидах и спиртах. При отщеплении воды от ряда душистых спиртов образуются терпены, названные так немецким химиком Отто Валлахом (1847–1931). Этот термин произведен от названия дерева *Pistacia terebinthus*, которое дает пахучий бальзам — терпентин. Со временем терпентином стали называть вещества, получае-

мые из смолы (живицы) разных хвойных деревьев. При перегонке с водой терпентин дает до 30% терпентинного масла — скипидара, а в остатке получается канифоль (ее используют музыканты и радиолюбители для пайки). Недаром Козьма Прутков уверял, что «и терпентин на что-нибудь пригоден». Слово «скипидар» — искаженное латинское название благовонного нардового масла (*spica nardi*, буквально — колос нарда), а канифоль (старое название — колофонь) происходит от «колофонской смолы», которую добывали в греческом городе Колофоне в Малой Азии. Скипидар — смесь разных терпенов с общей формулой  $C_{10}H_{16}$ .

Валлах показал, что терпены — группа углеводородов с общей формулой  $(C_5H_8)_n$ , широко распространенных в природе. Терпены можно рассматривать как димеры изопрена — 2-метилбутадиена-1,3 (в слове «изопрен» химику легко узнать



Художник С.Дергачев

## ШКОЛЬНЫЙ КЛУБ

«изопропильный» фрагмент, несущий двойную связь). Кислородные производные терпенов называются терпеноидами. К ним относятся многие «эфирные масла», получаемые из лепестков цветков или листьев некоторых растений, о них рассказано ранее. Некоторые терпеноиды, например камфору  $C_{10}H_{16}O$ , в настоящее время получают также синтетически. Слово «камфора» (в некоторых европейских языках ее пишут как *sanfora*) происходит от арабского «канфур». Из скипидара синтезируют терпинеолы, обладающие запахом сирени, гиацинта или розы.

Наиболее распространенные терпены — содержащиеся в масле хмеля мирцен  $CH_3-C(CH_3)=CHCH_2CH_2-C(=CH_2)-CH=CH_2$  и оцимен  $CH_3-C(CH_3)-CH_2CH_2CH=CH_2$ . Название первого происходит от растений семейства миртовых, второго — от растения *Ocimum basilicum*, из листьев

которого его получают. Из соснового скипидара выделяют бициклический терпен пинен с той же формулой  $C_{10}H_{16}$ , содержащей одну двойную связь. Его название отражает латинское название итальянской сосны — пинии (*pinus*), которая растет также на Черноморском побережье Кавказа и в Крыму как декоративное растение. Сильным нагреванием пинена А.Е.Арбузов изомеризовал его в изомерный линейный триен аллооцимен (дословно — «другой оцимен», от греч. *allos* — другой)  $CH_3-C(CH_3)=CH-CH=CH-C(CH_3)=CH-CH_3$ . Моноциклический терпен 1,8-п-ментадиен  $C_{10}H_{16}$  содержит две двойные связи (одна — в циклогексановом кольце) и называется лимоненом; эта бесцветная летучая жидкость с запахом лимона, как ни странно, тоже содержится в скипидаре. Правовращающий изомер лимонена содержится в лимонном масле, а еще

больше его (до 90%!) — в померанцевом. Гидратация лимонена в кислой среде дает терпеновый гликоль — терпин, гидрат которого (терпингидрат) когда-то был популярным средством от кашля. А при каталитическом гидрировании лимонена образуется ментан — 1-метил-4-изопропилциклогексан.

Если переместить одну двойную связь лимонена внутрь циклогексанового кольца, можно получить 1-метил-4-изопропилциклогексадиен-1,3, или  $\alpha$ -терпинен. Он интересен тем, что при окислении кислородом образуется аскаридол — соединение с пероксидным мостиком  $-O-O-$  внутри циклогексанового кольца — редчайший случай природного пероксида (встречается в эфирном масле полыни). Название связано с его использованием как противоглистного средства (глисты аскариды). Кстати, в результате образования пероксидных соединений скипидар ускоряет высыхание масляной краски, так как пероксиды иницируют полимеризацию непредельных соединений в маслах. Для ускорения реакции в олифу, на которой готовят масляные краски, добавляют инициаторы — сиккативы (от лат. *siccativus* — высушивающий). Химики хорошо знакомы с прибором для высушивания веществ — эксикатором (от лат. *exsiccare* — высушивать). Того же корня и десиканты — вещества, засушивающие растения на корню, а также служащие для предохранения от влаги лекарственных средств, внутренних частей точных приборов и т. п. — обычно это мелкие гранулы прокаленного силикагеля, их легко обнаружить, вскрыв крышечку пенала от «упсавита», «аспирина-упсы», некоторых других медикаментов.

Если в лимонене заменить циклогексановое кольцо на циклогексановое, а в положение 3 к метильной группе ввести гидроксильную, получим соединение с интересным названием изопулегон, из которого изомеризацией в щелочной среде получают пулегол, а последующим окислением — непредельный циклический кетон пулегон (4-п-ментен-3-он), изомерный камфоре. Названия эти вполне мирные и происходят от растения *Mentha pulegium* — болотной мяты, масло которой содержит пулегон.

При восстановлении бициклического кетона камфоры получают

изомерные спирты борнеол и изо-борнеол. Борнеолы и их сложные эфиры широко распространены в природе и содержатся, например, в эфирном масле борнейского лавра (отсюда и прежде его название — борнейская камфора).

Тримеры изопрена называются сесквитерпенами (от лат. *sesqui* — полтора; химикам известны сескви-гидраты, например  $\text{CH}_2\text{COOK} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnCl}_2 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ ; раньше сесквиоксидами называли полторные оксиды типа  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ). Так, характерный запах цветущей липы обусловлен сесквитерпеноидом фарнезолом — 3,7,11-триметил-2,6,10-додекатриен-1-олом ( $\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}]_2-\text{CH}_2\text{OH}$ . При его дегидратации образуется алифатический сесквитерпен фарнезен с концевой группой  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ . Производное фарнезола — фарнезил-ацетат применяется в качестве ароматического вещества. Все эти имена вряд ли имеют отношение к знаменитому итальянскому княжескому роду Фарнезе; скорее, они произошли от английского (хотя и устаревшего) слова *farness* — длина, удлиненность, что неудивительно для вещества, в котором в одну цепочку соединены до 16 атомов.

Моноциклический сесквитерпен цингиберен (две двойные связи в циклогексановом кольце) составляет пахучее начало имбиря — растения семейства *Zingiberaceae*. Название бициклического сесквитерпена *a*-селинена с частично гидрированной нафталиновой структурой произошло от многолетнего растения *Selinum*, родственного нашей петрушке (*Petroselinum*).

Среди тритерпенов интересен изопреноид сквален  $\text{C}_{30}\text{H}_{50}$  (2,6,10,15,19,23-гексаметил-2,6,10,14,18,22-тетракозагексаен), найденный в печени скатов и акул (лат. *squalus*). Любопытно, что английское слово (исландского происхождения) *squall* означает вопль, пронзительный крик — а ведь именно так кричит человек, повстречавшийся с акулой. Имеет ли эта народная этимология какое-либо основание? Кстати, слово «акула» тоже скандинавского происхождения... Сквален содержится и в оливковом, хлопковом, льняном, других растительных маслах. Он является промежуточным соединением в биосинтезе стероидов (о них — ниже). Его полностью гидрированный аналог — углеводо-

род сквалан  $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$  — применяют в качестве неподвижной жидкой фазы в газожидкостной хроматографии, в капиллярной газовой хроматографии; на этом примере отчетливо видно, как разветвление молекулы сказывается на температуре плавления: сквален плавится при  $-38^\circ\text{C}$ , а изомерный ему неразветвленный триаконтан — при  $65,8^\circ\text{C}$ !

Среди нециклических тетраизопреноидов наиболее известен спирт фитол, родственный фарнезолу:  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2-(\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2)_2-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ . В названии фитола легко усмотреть греч. *phyton* — растение, и это неспроста: фитол в виде сложного эфира входит в состав хлорофиллов — неотъемлемой части зеленых растений. Конечно, никакого хлора в хлорофилле нет: его название произведено от греч. *chloros* — зеленый и *phyllon* — лист. Тот же корень, что и в фитоле, в словах «фитонциды» (летучие вещества растений, подавляющие рост бактерий), «фитопланктон» (свободно плавающие водоросли), «фитофтора» (грибы, паразитирующие на растениях). Тетраизопреноидный скелет имеют и витамины группы А например, необходимый для нормального зрения желтого цвета витамин А1 — ретинол, который уже упоминался; в моркови, шиповнике, смородине, рябине содержится желто-оранжевый провитамин А — *a*-каротин (от лат. *carota* — морковь). Окислением ретинола можно получить альдегид ретиналь, в сетчатке глаза он связан с белком опсином в зрительный пигмент родопсин розового цвета (от греч. *rhodon* — роза и *opsis* — зрение).

Изомерен каротину алифатический углеводород ликопин  $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ , содержащий цепь из 32 атомов углерода (не считая заместителей) с 11 сопряженными  $\pi$ -связями, придающими веществу красно-фиолетовый цвет. Ликопин придает окраску помидорам, он найден и в других растениях и животных; ликопин был выделен из экстракта растений рода *Lycopus* (к ним относятся зюзник, дубровник ползучий и др.) и когда-то применялся в медицине как седативное средство.

Остается добавить, что к изопреноидам относятся также некоторые аттрактанты (от лат. *attrahere* — привлекать) — вещества, привлекающие животных, особенно насекомых, и

феромоны — молекулярные средства сигнализации у животных (в этом названии можно отыскать латинские слова *fero* — нести и *mono* — напоминать, предостерегать, внушать, наставлять: смысл выражен точно). К ним же относится и уникальное для природных веществ соединение с оксирановым циклом — ювенильный гормон (от лат. *juvenalis* — юный, неполовозрелый и греч. *hormao* — привожу в движение, побуждаю). Этот гормон, обнаруженный в 1956 году, регулирует постатидное развитие насекомого с момента вылупления личинки из яйца до полной зрелости. Каучук и гуттаперча — тоже изопреноиды (о полимерах речь впереди). Биологические активные изопреноиды образуются вовсе не из изопрена (его в растениях и животных нет), а из уксусной кислоты через промежуточную мевалоновую (3,5-дигидрокси-3-метилвалериановую) кислоту  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$  (она открыта сравнительно недавно, и этимологию ее названия выяснить не удалось; возможный вариант — сочетание устаревшего английского глагола *meve* — двигаться и слова *alone* в значении «сам, без посторонней помощи»; но возможно и более простое объяснение: в названии этой биологически важной кислоты нетрудно усмотреть «метилвалериановые фрагменты»).

Вернемся теперь ко второму продукту переработки терпентина — канифоли, имеющей характер карбоновой кислоты. Ее соли с марганцем и другими металлами называются резинатами. На латыни *resina* — смола, камедь (слово греческого происхождения, известное в русском языке с XVII века). То же значение имеет этот термин в современных европейских языках (например, англ. *resin* — смола, камедь, канифоль, но ни в коем случае не резина). Состав канифоли отвечает формуле  $\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$ ; это смесь двух кислот (они называются смоляными) — абиетиновой (лат. *abies* — ель) и пимаровой (этот термин происходит из двух частей латинского названия сосны, из которой добывают живицу, — *Pinus maritima*). Последняя существует в виде двух оптических изомеров — лево- и декстропимаровой).

Кстати, еще об оптических изомерах. Когда в 1848 году никому тогда неизвестный Луи Пастер с помощью



лупы и пинцета впервые разделил оптически неактивную виноградную кислоту (он работал с кристаллами ее натриево-аммониевой соли), оказалось, что получилась давно известная правовращающая винная кислота и не известная ранее левовращающая. Смесь равных количеств этих кислот (то есть виноградную кислоту) называли рацематом (от лат. *racemus* — виноград; *acidum racemicum* — виноградная кислота), а два антипода получили название энантиомеров (от греч. *enantios* — противоположный). Пастер ввел для них обозначения L- и D-изомеров (от латинских слов *laevus* — левый и *dexter* — правый). В 1956 году английские химики Роберт Кан и Кристофер Ингольд и швейцарский химик югославского происхождения Владимир Прелог разработали универсальную стереохимическую номенклатуру, ввели понятие хиральности, обозначения S (от лат. *sinister* — левый) и R (лат. *rectus* — правый). Следует отметить, что эти буквы указывают лишь на строение молекулы («правое» или «левое» расположение определенных химических групп) и не связаны с направлением оптического вращения; последнее обозначают знаками плюс и минус, например D(-)-фруктоза и D(+)-глюкоза.

Изопреноидам родственны очень важные органические соединения — стероиды (от лат. *stereos* — твердый), к которым относятся многие гормоны. Стероиды с гидроксильной группой называются стеринами (стеролами); среди них всем известный холестерин. К важнейшим животным стеринам относится также копростерин (он содержится в кале, отсюда и название — от греч. *sopros*), а к растительным — эргостерин (от франц. *ergot* — спорынья; он содержится также в дрожжах и грибах, а под действием ультрафиолета превращается в витамин D<sub>2</sub>) и выделенный из соевых бобов стигмастерин (греч. *stigma* — пятно, знак; раньше стерини идентифицировали по их цветным реакциям).

К стероидам относятся и желчные кислоты — холевая, дезоксихолевая (то есть лишенная одного атома кислорода в составе OH-группы), литохолевая (в переводе с греческого — желчекаменная) и другие. Из печени крупного рогатого скота была выделена таурохолевая кислота — продукт ацилирования холевой кислотой природной аминосульфоновой

кислоты таурина  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$  (от лат. *taurus* — вол, бык). Но конечно, наиболее известны неспециалистам стероидные гормоны. В 1929 году американский биохимик Эдуард Адельберт Дойзи выделил из мочи жеребцов женский половой гормон эстрон, а немецкий биохимик Адольф Фридрих Бутенандт установил его структуру. Еще более сильным действием обладает эстрадиол. Этимология этих слов довольно неожиданна: по-гречески *oistros* — страсть, ярость. К «женским» гормонам относятся также лутеостерон, который вырабатывается так называемым «желтым телом» (этот корень нам уже встречался в названии лутеосолей) и эквиленин, отличающийся от эстрона двумя дополнительными двойными связями (вероятно, «эквиленин» образован от латинского слова *aequalis*, которое имеет несколько значений — ровный, равный, равномерный и ровесник, сверстник; видимо, лучше подходят первые). Эстрогенные гормоны широко распространены в природе и встречаются также в цветках и плодах растений. В 1931 году тот же Бутенандт, переработав 25 тонн мужской мочи, выделил 15 мг мужского полового гормона андростерона (от греч. *aner* — мужчина, род. падеж — *andros*). На порядок сильнее действует мужской гормон тестостерон, выделенный в 30-е годы из тестикул быков или жеребцов (оба термина — от лат. *testiculus* — мужское яичко). В организме половые гормоны вырабатываются под воздействием выделяемых гипофизом гонадотропных гормонов (от греч. *gone* — семя и *trope* — поворот), которые, в свою очередь, стимулируют развитие половых желез — гонад.

Целую серию стероидных гормонов выделяет кора надпочечников, отсюда и их название — кортикостероиды (от лат. *cortex* — кора, а также кожа и скорлупа). Широко изве-

стен, например, кортизон. Многие гормоны, которые используются как лекарственные средства, имеют торговые названия. Так, только для преднизолона в справочнике «Лекарственные средства» М.Д.Машковского указано более трех десятков синонимов! Систематическое же название по ИЮПАК включает корень «прегн» (от лат. *praegnans* — беременная); например, тот же кортизон называется так: «прегнен-4-диол-17а, 21-триона-3, 11, 20, 21-ацетат», тогда как названия некоторых других гормонов могут быть втрое длиннее!

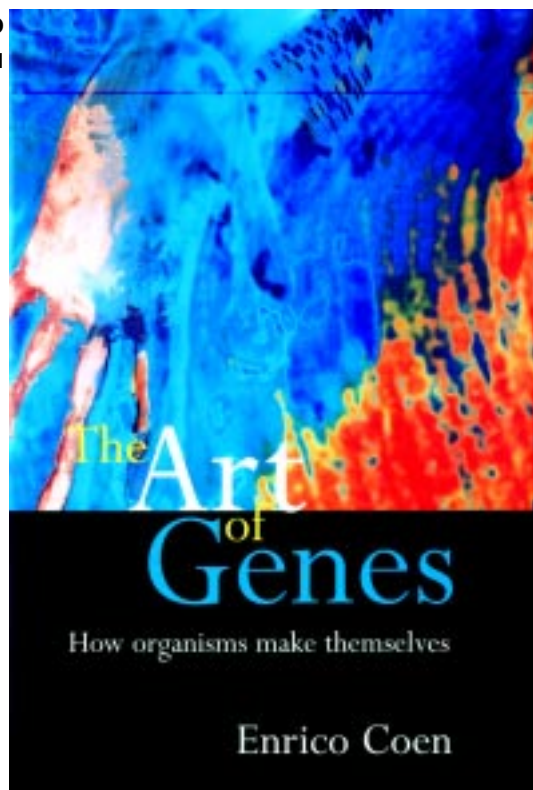
В медицине давно употребляют гликозиды стероидных спиртов, которые содержатся в различных видах наперстянки (род *Digitalis*, что дословно означает, как и русское название растения, «толщиной с палец») и в растении строфанте (семейство *Aporocunaeae*). Если отделить от гликозида углеводную часть, остается «голый» стероид — агликон (дословно — «лишенный сладкого»). Самые известные агликоны — строфантидин, дигитоксигенин и гитоксигенин. Первое название очевидно, второе происходит от «дигиталиса», а также уже знакомых корней «окси» и «ген», а в третьем, вероятно, просто отбросили «ди» (действительно, в дигитоксигенине две гидроксильные группы, хотя в латинском слове *digitus* — палец — никакой «двойки» не просматривается...).

В растениях распространены также стероидные соединения сапонины — ядовитые (как и все стероидные гликозиды) вещества, обладающие поверхностной активностью, то есть мылкие. Отсюда и их название — от лат. *sapo* (род. падеж — *saponis*). Раньше сапонины, выделенные из так называемого мыльного корня, использовали для стирки.

# Развитие организмов: современные метафоры

Энрико Коэн

В рамках сотрудничества с Британским советом мы продолжаем знакомить читателей с английской научно-популярной литературой. Предлагаем отрывки из книги «Искусство генов: как организмы создают себя» («The Art of Genes. How Organisms Make Themselves», Oxford University Press, 1999). Ее автор Энрико Коэн (Enrico Coen) известен работами по генетическому контролю развития растений. Он родился в Ливерпуле в 1957 году, изучал генетику в Кембриджском университете; с 1998 года член Лондонского Королевского общества.



За последние двадцать лет в биологии произошла революция: впервые мы начали понимать, как организмы делают себя. Принципы, согласно которым оплодотворенная яйцеклетка превращается во взрослый организм, сейчас можно представить в таких подробностях, о каких нельзя было и помыслить несколько десятилетий назад.

Но эта революция свершилась удивительно тихо. Дело в том, что возникшая перед нами замечательная картина развития доступна пока только специалистам-биологам, а более широкой аудитории мешают ее воспринимать научная терминология и технические сложности. Многие книги уделяют основное внимание частностям, тогда как общие механизмы, которые удалось раскрыть, остаются в тени. Это тем более печально, что в биологии развития встретились и плодотворно сотрудничают наука, искусство и философия; она влияет на наше понимание самих себя.

В этой книге я хочу сделать последние достижения науки о развитии организмов доступными как для профессиональных ученых, у которых не хватает времени следить за прогрессом в других научных областях, так и для всех любознательных читателей. А достичь этой цели мне поможет обсуждение нескольких ключевых метафор.

В XVII и XVIII веках общепринятый взгляд на развитие организмов состоял в том, что развития как такового

вообще нет. Вместо этого предполагали, что миниатюрные копии организмов уже имеются — преформированы — в яйце. Когда оно превращается во взрослую особь, никаких новых структур не образуется, идет только рост уже существовавших с самого начала невидимых микроскопических частей.

Но если в яйце содержится готовый организм, то в нем есть яйцо, в котором преформирована еще меньшая копия, в нем — еще меньшая и так далее, то есть они вложены одна в другую как матрешки. Доводя эти рассуждения до логического конца, преформисты делали вывод, что в прародительнице Еве содержались все последующие поколения людей. По другой версии, роль такого хранилища играло семя Адама.

Преформисты подкрепляли свою концепцию религиозными представлениями о сотворении мира. По их мнению, тогда же всемогущий Бог predetermined все будущие поколения людей и других тварей. После этого организмы могли появляться на свет уже без вмешательства высших сил — они только росли, что было чисто механическим процессом, который шел сам по себе, подобно тому, как планеты движутся вокруг Солнца.

Позднее возникла другая теория — эпигенез, согласно которой организмы не содержатся в готовом виде в половых клетках, а развиваются постепенно, причем в исходном виде

они очень просты, но усложняются по мере роста. Этим процессом руководит особый, немеханический фактор — некая мистическая *vis vitalis* (жизненная сила).

(Я несколько утрировал представления преформистов и эпигенетиков, чтобы сделать их более рельефными. В действительности многие естественные испытатели занимали промежуточные позиции, беря отдельные элементы от каждого из них.)

Успехи эволюционной теории, эмбриологии и генетики привели в XX веке к победе эпигенеза, который стал немного менее таинственным: оказалось, что оплодотворенное яйцо не чистый лист — оно содержит гены, унаследованные от каждого из родителей. Именно гены управляют развитием и определяют признаки взрослого организма, а сам процесс его формирования отработывался в ходе естественного отбора.

Однако механизмы, с помощью которых наследственные факторы, гены, преобразуют исходную клетку в особь, оставались невыясненными. Все это выглядело как магический трюк, чудо, которое происходит каждый раз, когда рождается новое живое существо. Биологи понимали, что ничего сверхъестественного в развитии нет, и все же не могли его объяснить. Эту тайну раскрыть не удавалось, но ее старались пояснить метафорами.

Наиболее распространенная метафора состояла в том, что яйцо содер-



Три стадии  
создания автопортрета  
художником  
Фрэнсисом Боуэром



## АНГЛИЙСКИЙ КЛУБ

жит набор инструкций, или план, который выполняется, когда организм растёт. Такие инструкции говорят, что «здесь делать руку», а «там формировать нос». Организм создается подобно автомобилю, который собирают, следуя технологической схеме.

Такой взгляд основан на допущении, что существует некто, способный интерпретировать инструкции. Но ведь понимание того, как последовательность букв в книге связана с самыми простыми действиями, скажем, соединением двух деталей винтом и гайкой, далеко не тривиально. В детстве мы затрачиваем годы на овладение языком. Выполнение указаний предполагает предварительное знание языка — дайте любое руководство обезьяне, и толку не будет.

Главное, что способность понимать инструкции приобретает нами независимо от самих инструкций. Ведь мы не можем научиться родному языку, глядя в какое-то руководство, — язык должен быть освоен заранее, в ходе сложного процесса обучения в детстве. Я не говорю здесь об изучении второго, иностранного языка — ясно, что это можно сделать с помощью учебника, самоучителя. Я имею в виду способность понимать исходный язык.

Нельзя дать малышу набор элементарных учебников и ожидать, что ребенок сам годам к десяти освоит язык и начнет читать. Даже если эти книги будут иллюстрированы большим количеством рисунков и схем. Как он узнает, что с чем и как связано на этих рисунках? Что означают стрелки? В каком порядке нужно смотреть картинки? Понимание любого языка возникает в результате сложного взаимодействия ребенка и его окружения, включающего других людей. Оно не может быть достигнуто с помощью одних только учебников, независимо от того, насколько они хороши.

Значит, если мы примем идею, что яйцо содержит набор инструкций, нам также придется признать наличие

агента, способного их интерпретировать и выполнять, который вдобавок независим от самих инструкций. Но откуда он возьмется?

С эволюционной точки зрения этот агент либо существовал с самого начала (что очень напоминает признание жизненной силы), либо он появился в ходе естественного отбора. Но тогда он должен передаваться от одного поколения к другому, то есть он определяется наследственными факторами, или генами. Но гены у нас соответствуют инструкциям, и получается порочный круг: способность понимать инструкции сама зависит от инструкций!

Другая широко распространенная метафора — это сравнение с компьютером. Оплодотворенное яйцо могло бы содержать программу, похожую на компьютерную, которую прогоняют при развитии организма. Взрослый организм образуется как итог работы тонко устроенной программы, сформировавшейся в ходе эволюции.

В компьютерах мы разделяем «хардвер», то есть материальные составляющие (микросхемы, провода, носители памяти), и «софтвер» — множество программ, причем хардвер независим от софтвера. Само вычислительное устройство должно быть в наличии прежде, чем начнут выполняться программы, и оно не есть продукт программ. ЭВМ не делают сами себя, они производятся внешними агентами — человеческими руками и теми машинами, что сделаны человеком.

Напротив, организм развивается без внешнего вмешательства, автономно, и в нем переплетены программы и результаты их исполнения — там софтвер строит хардвер, а хардвер реализует софтвер. Так мы снова приходим к противоречию, поскольку софтвер и хардвер оказываются взаимными друг от друга.

Один из способов выйти из этого тупика состоит, видимо, в расширении компьютерной аналогии. Представим калькулятор, в котором «же-

лезо» и программы взаимозависимы и который действительно воспроизводит сам себя. Мы можем вообразить устройство с механическими руками, оперирующее инструментами, с помощью которых оно собирало бы свою копию. Такой подход возможен, но он приведет к столь существенно изменению содержания понятий софтвера и хардвера, что от их исходных значений мало что останется. В любом случае я не верю, будто он позволит лучше понять биологическое развитие.

Не исключено, что живые организмы настолько отличны от всех прочих известных нам явлений, что и любые другие сравнения с ними тоже окажутся малополезными. Все же думаю, это не так: нужные нам явления есть, но они находятся не в сфере компьютеров и других машин, а в сфере творческой деятельности человека.

Когда кто-то что-то делает, мы обычно легко отделяем делающего от делаемого. Скажем, если художник пишет картину, то легко отличить холст, кисти и краски от самого мастера. Роль человека и используемых им материалов совершенно различна. Со стороны может показаться, что у живописца есть в голове готовый образ и с помощью определенных средств он просто переносит его на холст.

Теперь взглянем на этот процесс с точки зрения самого художника. Он постоянно смотрит на картину и испытывает на себе влияние уже изображенного там. После каждого шага, когда краски смешаны и положены на холст, он видит сочетание цветов, которого раньше не было. Возможно, он посчитает последний мазок не совсем правильным по цвету или месту, или возникнет новое неожиданное для него впечатление, которое он определенным образом интерпретирует.

Художник не может работать с закрытыми глазами — он последовательно реагирует на результат своих предыдущих действий. Холст, кисти и краски становятся как бы его продолжением. По мере продвижения работы, когда уже написанное достаточ-

но полно отражает замысел живописца, вся целостная картина начинает влиять на него. Холст аккумулирует вложенный в него труд и направляет дальнейшие усилия.

Обратим внимание, что картина не возникает в итоге однонаправленного переноса на холст внутреннего образа, а постепенно развивается в результате интерактивного процесса. Именно поэтому художник не нуждается в предварительном составлении детального плана всех своих действий — нужные реакции с его стороны вызовут стимулы, идущие от холста.

Я говорю о живописи, но похожее утверждение может быть сделано относительно других видов творчества. Так, философ Р.Дж.Коллингвуд в своей книге «Принципы искусства» говорит о поэзии: «Предположим, что поэт сочиняет стихотворение во время прогулки; неожиданно ему в голову приходит одна строка, затем другая; неудовлетворенный, он начинает изменять их до тех пор, пока не найдет то, что ему понравится. Затем возникают новые строки, которые он должен согласовать с ранее придуманными. Разве он реализует при этом определенный план? Какие, так сказать, конкретные признаки стихотворения он заранее запланировал?»

Конечно, иметь общее интуитивное представление о будущей картине или стихотворении нужно, но конкретный и все более подробный план действий формируется уже в процессе работы. И это не противоречит тому, что окончательный ее итог являет собой высокоорганизованную целостность.

Мне кажется, те же свойства отличаются и процесс биологического развития, то есть он намного ближе к процессу творчества, чем к выполнению человеком набора инструкций или к работе компьютера. Такую аналогию я хочу рассмотреть более подробно.

Прежде всего, заметим, что в ходе эмбрионального развития организмы быстро растут. Поэтому, возвращаясь к живописи, представим, что холст тоже увеличивается во время работы художника. Пусть сначала есть маленький холст, и на нем рисуется эс-

киз будущей картины скажем натюрморта.

Такой эскиз будет соответствовать оплодотворенной яйцеклетке, в объеме которой неравномерно распределены различные вещества. Известно, что в ходе созревания яйца в материнском организме в него закладывается общая схема строения будущего зародыша, который как бы преформируется в яйце на химическом уровне. Это исходная информация, управляющая дальнейшим развитием.

Потом холст с эскизом растет (в результате клеточных делений образуется эмбрион), после чего на нем можно выделить меньшие части — наброски отдельных предметов натюрморта (приблизительные зачатки основных органов). Теперь каждый из кусков с условно изображенным предметом должен быть прописан более детально. Живописцу это приходится делать последовательно — прорабатывать один кусок холста за другим, но в организме формирование разных органов идет параллельно.

Возникающий в результате дробления яйца зародыш будет неоднороден по составу, поскольку в разные клетки — в зависимости от их расположения по отношению к исходному яйцу — из него попадут неодинаковые наборы молекул. И эти специфические наборы зададут так называемую позиционную информацию, которая будет воспринята клетками: в них включатся определенные гены, в результате чего начнут синтезироваться белки (в разных клетках разные).

В эмбрионе возникнут градиенты концентрации различных молекул, которые послужат управляющими сигналами на следующем этапе развития. Иными словами, исходная неоднородность может быть усилена и конкретизирована. Считывая и интерпретируя новую позиционную информацию, клетки станут дифференцироваться, образуя различные типы тканей. Из-за разных адгезивных свойств их поверхностей (узнающие друг друга молекулы появляются на внешней стороне их мембраны), происходят клеточные движения и образуются исходные пространственные структуры, которые затем превращаются в различные органы.

Конечно, многое в формообразовательных процессах и их связях с молекулярно-генетическим уровнем остается пока невыясненным, но за последние годы тут удалось значительно продвинуться. Так, выявлены гены, названные гомеозисными, которые управляют общей разметкой эмбриона — они определяют его передне-

заднюю ось и взаимное расположение основных частей тела: головы, туловища, конечностей.

Живописец продолжает творить. На следующем шаге отдельные куски его холста снова вырастут, и они опять будут детализироваться. Понятно, что работа с растущим холстом позволяет мастеру добиваться все большей проработки деталей, оперируя одной и той же кистью (ширина мазка постоянна), а не использовать все более тонкие. Так и организм создает себя из клеток — как бы выкладывая мозаику из разноцветных камушков определенного размера.

Рост картины сопровождается все более тонкой ее организацией — более подробным изображением того, что было получено на предыдущей стадии. С одной стороны, художник действует локально, то есть в каждый момент работает с малой частью всего холста. А с другой — он периодически отходит от мольберта, чтобы охватить взглядом всю картину, проверить общее впечатление и в соответствии с ним внести нужные коррективы.

Так же и в растущем организме контакты клеток друг с другом, определяющие их вид и форму, локальны. Но в то же время происходят дальние межклеточные взаимодействия, которые обеспечивают глобальную целостность всей системы.

Не только живопись, но реализация любого творческого замысла представляет собой движение от общего к частному, последовательную иерархическую развертку. Например, при написании компьютерной программы рисуют все более подробные блок-схемы алгоритма, а при проектировании здания — все более мелкомасштабные чертежи. Все это опять же напоминает закладку органов, а затем их рост, сопровождающийся образованием форм и их детализацией.

Мы видим, что есть глубокое внутреннее родство во всех видах создания — от биологического до умственного, и эта метафора кажется наиболее плодотворной. Наш мозг с его творческим потенциалом, как и процесс биологического развития — продукты эволюции. Я думаю, что совместное рассмотрение этих двух явлений позволит нам лучше понять каждое из них.

Свободный перевод  
с английского  
**Л.Каховского**





# Тихая революция?

## Послесловие переводчика

Предмет «Искусства генов» — биология развития, то есть область, где, говоря словами Джорджа Байрона, «truth is stranger than fiction» (правда удивительнее вымысла). Обсуждая в книге разные аспекты развития, Э.Коэн попутно разъясняет основные положения современной биологии. Причем делает это в лучших традициях научно-популярного жанра — прозрачным языком, находя образные сравнения.

Автор критикует компьютерные модели. В самом деле, в период становления кибернетики многие специалисты пытались приложить к биологии методы этой молодой науки — вспомним книгу крупнейшего математика Дж. фон Неймана «Теория самовоспроизводящихся автоматов» (М.: Мир, 1971) или, скажем, книгу М.Аптера «Кибернетика и развитие» (М.: Мир, 1970). Но постепенно пришло понимание, что эти подходы скользят по поверхности, не затрагивая сути биологических проблем, у которых есть своя специфика. Возникла идея, и это сквозная тема книги Коэна, что более продуктивна аналогия между развивающимся организмом и творческой деятельностью человека.

Мы все еще плохо представляем, насколько сложны и необычны методы хранения и обработки информации в биосистемах. Мозгу присуща ассоциативная организация памяти: каждый хранящийся в нем образ связан с определенным стимулом, который его вызывает. Есть гипотеза (Коэн об этом не говорит), что это общее свойство разных видов биологической памяти, которое как раз и обеспечивает «интеллектуальные свойства» живой материи (см. статью «Этюды о биологической памяти» в «Химии и жизни», 1984, № 2).

Автор пишет, что для выполнения генных инструкций нужен некий внешний агент. Но ведь таким агентом служит живая клетка. Не будем забывать, что потомству передается не только набор хромосом, но и клетка, умеющая с ним работать.

По мнению Коэна, тут на наших глазах уже свершилась научная революция, однако с этим хочется поспорить. В последние десятилетия действительно произошли прорывы в изучении молекулярных и клеточных процессов, связанных с развитием. И все же решающего синтеза пока не произошло: на длинном пути от генов к признакам еще остаются белые пятна, не все этажи в многоуровневой организации живого одинаково хорошо изучены. Недаром француз-

ский ученый Р.Том назвал эмбриологию «вертикальной» наукой, в отличие от «горизонтальных» биохимии, цитологии, гистологии...

Необходимо проделать еще много экспериментальной работы, чему мог бы способствовать крупный международный проект, подобный «Геному человека». Но есть и чисто теоретические проблемы, которые прямым штурмом не взять.

До сих пор актуальны слова известного английского биолога и историка науки Дж. Нидхэма, которыми он заключил свой капитальный труд 1934 года «История эмбриологии» (в 1947 году вышел русский перевод): «Не подлежит сомнению, что современная эмбриология больше всего нуждается в достижениях математического, даже математико-логического характера. Только таким путем можно восстановить нарушенное равновесие между теорией, с одной стороны, и наблюдением и опытом — с другой. Только так мы можем построить теоретическую эмбриологию...»

Именно после создания теории индивидуального развития биология станет строго дедуктивной наукой, и это будет иметь огромное значение для медицины (регенерация утраченных конечностей, технология стволовых клеток и другая биоинженерия). Проясняются также многие спорные вопросы биологической эволюции, поскольку эти научные направления тесно взаимосвязаны — так называемая область *evo-devo* (evolution and development).

От метафор до теории — дистанция немалого размера. Можно надеяться, что эта яркая книга «возбудит в зрелых юношах научные устремления» (Д.И.Менделеев) и подвигнет их на свершение великого синтеза. Английская пословица гласит: «Choose an author as you choose a friend». Выбрав Энрико Коэна, читатель не прогадает.

### Что можно прочитать о проблемах биологии развития

Нейфах А.А., Розовская Е.Р. Гены и развитие организмов. М.: Наука, 1984.

Рэфф Р., Кофмен Т. Эмбрионы, гены и эволюция. М.: Мир, 1986.

Корочкин Л.И. Введение в генетику развития. М.: Наука, 1999.

Белюсов Л.В. Сила, что движет зародышем. Химия и жизнь, 1997, № 3.



*В этом году премию Декарта за превосходную европейскую науку и журналистику будут первого декабря вручать в Лондоне. Мы постараемся рассказать об этом событии в февральском номере журнала. А пока — история о том, как эта высшая европейская научная награда помогла ученым развивать свои исследования.*



# Премия Декарта

**Е**сли Нобелевская премия ассоциируется с черными фраками и торжественным приемом во дворце шведского короля, то Декартовская премия, которую Европейская комиссия учредила пять лет назад, символизирует единство и разнообразие европейцев. И вручают ее каждый раз в новом месте: в Риме, в Праге, в этом году — в Лондоне, и народ одет так же, как в лабораториях или кабинетах Еврокомиссии, а то и вообще в шотландский килт с рокерской маечкой, да и среди коллективов, которые выходят в финал, почти нет коллег из-за океана — основных претендентов на ту премию, что вручают в Швеции. А призовой фонд ничуть не меньше: коллектив-победитель получает от миллиона до трехсот тысяч евро на продолжение своих исследований. В прошлом году европейцы, всерьез озабоченные падением престижа науки на континенте, учредили отдельную премию для тех людей, которые простыми словами рассказывают всем желающим о том, что делают ученые своих лабораториях, то есть для научных журналистов: лучший популяризатор науки получит в этом году 250 тысяч евро на поддержание достойного уровня своей жизни.

Еще одно и, возможно, главное отличие Декарта от Нобеля в том, что исследование должно быть выполнено недавно. Эта премия — не признание заслуг корифея, а поощрение тех ученых, которые здесь и сейчас добывают свежие, а то и полезные знания. Взять хотя бы темы тех работ, что оказались в финале прошлого года. Вот, например, чистая химия — создание дендримеров, сильно разветвленных молекул, ветви которых способны работать как антенны — собирать свет и преобразовывать его в некие внутримолекулярные виды энергии. Эффективность этого действия очень высока, почти сто процентов, да вот беда, непонятно, как эту энергию с молеку-



*Председатель Большого жюри, вице-президент Эстонской академии наук Эне Эргма наблюдает за будущими лауреатами*

лы снять. «Когда это удастся сделать, получится искусственный аналог фотосинтеза», — говорит руководитель работы профессор Винченцо Бальзани из университета Болоньи. Физики из Австрии, Венгрии и Чехии разрабатывают новые магнитные материалы, которые позволяют чрезвычайно плотно упаковывать информацию, а их коллеги из Швеции, Германии, Австрии и Великобритании пытаются приспособить квантовую телепортацию для передачи по оптоволоконному кабелю идеально зашифрованных сообщений на большие расстояния. Впрочем, большая часть работ, достигших в прошлом году финала, выполнена биологами, которые ищут новые способы победить старость, обнаружить и вылечить рак, а также регулировать рост сосудов — сдерживать их излишнее развитие в глазе или, наоборот, лечить повреждения, возникающие при атеросклерозе.

В прошлом году организаторы попросили приехать в Прагу декартовских лауреатов предыдущих лет и рассказать о том, как вручение премии изменило их жизнь. «Мы стали заметными, — говорит Вероника Диан из Брюссельской обсерватории, руководительница работы по созданию новой теории нутации Земли, которая получила премию в прошлом году. — Ведь никто даже не подозревает, что есть две системы отсчета координат — небесная и земная, которые нужно связать друг с другом. А ведь очень многие этой связью пользуются — приборы GPS, идущие нарасхват, без нее невозможны: именно наша теория обеспечивает указание координат с точностью до сантиметров, а не десятков метров, как это было совсем недавно! Получив премию, мы привлекли внимание, оказалось, что сугубо теоретическая работа по небесной механике имеет практические приложения. Мы надеемся, что во время следующей экспедиции ЕКА к Марсу на нем удастся поставить датчики слежения за движением планеты и с помощью нашей теории выяснить его внутреннее строение». Подобным образом рассуждает и профессор Эдвард ван ден Хувель из университета Амстердама — его команда из Голландии, Дании, Испании, Италии, Германии, Великобритании и США впервые установила, что гигантские выбросы энергии во Вселенной, так называемые гамма-всплески, рождаются при взрыве звезд, за что он и получил премию в 2002 году. «Мы с большим удовольствием потратили эти несколько сот тысяч евро на создание новых детекторов рентгеновского излучения, а также на теоретические работы. Эти довольно небольшие вложения позволили запустить проекты стоимостью уже в миллионы евро на нескольких обсерваториях, как наземных, так и космических. Я рад такому росту нашего бюджета». Для исследований с практическим выходом Декартовская премия также оказалась неплохим подспорьем.



*Профессор Карлсон  
с коллегами идут  
за премией*



## ИЗ ДАЛЬНИХ ПОЕЗДОК

ти за порог лаборатории и превратить в основу настоящей технологии, — рассказывает профессор Карлсон. — И мы это сделали. При квантовой телепортации мы создаем два одинаковых фотона, которые столь тесно связаны друг с другом законами квантовой механики, что воздействие на один из них неизбежно скажется на другом, причем независимо от расстояния, которое разделяет эти фотоны. Это свойство очень важно для создания криптографии: злоумышленник, прочитав один фотон, неизбежно испортит информацию, передаваемую вторым фотоном, и ничего не поймет. Мы создали устройство, которое разделяет фотоны на два луча, направили их в два оптических волокна, а мои швейцарские коллеги осуществили с их помощью безопасную передачу информации на шесть километров. Это рекорд — дело в том, что связь между фотонами постепенно теряется из-за их взаимодействия с материалом световода. Австрийские участники проекта сделали возможной передачу информации для банка Вены с одного берега Дуная на другой. Такое успешное применение квантовой телепортации для практической цели — первое, но не последнее; я уверен, что в ближайшее время квантовые методы полностью изменят вид информационных технологий. Впрочем, вряд ли когда-нибудь удастся телепортировать человека, как это делают авторы фантастики. Скорее телепортация похожа на обмен снами».

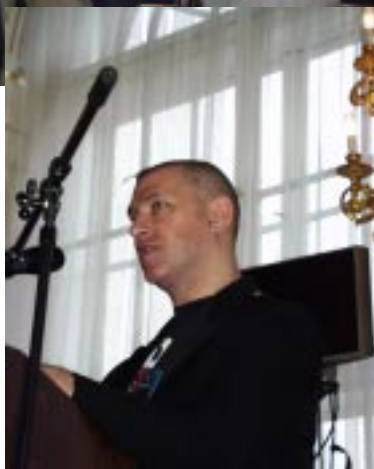
Российские ученые уже дважды были в числе коллективов, получивших премию Декарта. Это уже упомянутый Ю.Н.Белоконь из ИНЭОСа РАН и В.Е.Жаров из ГАИШа, который работает вместе с Вероникой Диан. В этом году в Лондон тоже поедет представитель России — Л.П.Бобылев, директор Международного центра Нансена по изучению окружающей среды и дистанционному зондированию в Санкт-Петербурге. Он участвует в проекте по изучению изменения климата в Арктике. А всего в финал этого года вышли 14 коллективов из 85 поданных на соискание премии проектов.

Кандидат  
физико-математических наук  
**С.М.Комаров**

«С той же командой, с которой мы получили Декартовскую премию 2001 года, мы создали лекарство, снижающее количество вируса СПИДА в крови и защищающее от связанных с этим синдромом болезней. Оно называется тенофовир, и его можно купить в странах Евросоюза. Более того, действуя похожими методами, мы подошли к созданию адефовира против гепатита В», — говорит профессор Ян Бальцарини из лейденского Королевского института медицинских исследований. «Однажды на международном симпозиуме мы встретились с профессором Белоконем из Института элементоорганических соединений РАН, и выяснилось, что мы занимаемся одним и тем же — ищем асимметричные катализаторы, которые позволяют синтезировать выбранный оптический изомер. Это чрезвычайно важная проблема для фармацевтов — среди биологически активных веществ полезным действием часто обладает лишь один изомер, а различаются они только строением, и приходится тратить огромные средства на очистку продуктов синтеза. После получения Декартовской премии в 2001 году мы запатентовали найденные катализаторы, и вот уже три года их применяет компания «Avescia», основной изготовитель продуктов тонкого органического синтеза», — рассказывает профессор Майкл Норт из лондонского Королевского колледжа.

Лицами новой европейской науки смело можно назвать двух скандинавов — профессора Говарда Тревора Якобса из финского университета Тампере, большого любителя пива, а также менее экстравагантного профессора Андерса Карлсона из стокгольмской Высшей технической школы. Именно возглавляемые ими международные коллективы и разделили в прошлом году миллион евро, полагающийся в качестве высшей европейской награды в области науки.

«Очень здорово было собраться здесь, в Праге, знаменитой своими пи-



*Профессор Якобс говорит речь*

воварнями, — говорит профессор Якобс (более подробно о его исследовании митохондрий рассказано в июньском номере нашего журнала). — Вообще опыт работы в международном коллективе показывает, что беседа за кружкой пива позволяет значительно проще решить научную проблему, чем два десятка публикаций. А наша задача — выяснить, как нарушения в строении ДНК митохондрий приводят к старению. Как известно биологам, внутри каждой клетки есть особые органеллы со своим собственным геномом — митохондрии. Они служат энергетическими станциями клетки и, вырабатывая энергию, производят немало ядовитых отходов. Согласно митохондриальной гипотезе старения, эти отходы разрушают систему ремонта организма и в первую очередь ДНК самих митохондрий. Нам удалось вывести мышь, у которой ДНК митохондрий очень слабо защищена, и эта мышь действительно стареет в десятки раз быстрее обычных! Изучив на такой модели механизм старения, связанный с митохондриями, мы сможем быстро продвинуться к поиску средств для prolongation жизни, а также лечения многочисленных болезней, вызванных нарушениями в производстве энергии».

«Нашей целью было показать, что квантовая физика вполне способна вый-

# Разные разности

Выпуск подготовили

О. Баклицкая,  
М. Егорова,  
Е. Сутоцкая

**И**нженеры из Технологического университета в Граце (Австрия) разработали устройство-посредник между мозгом и компьютером. В определенных точках на голове человека над областями, отвечающими за движение, крепятся электроды. Они записывают мозговую активность и передают сигналы компьютеру, который анализирует данные и воспроизводит движение в своем виртуальном мире. В отличие от более ранних аналогов, электроды не имплантированы в мозг.

Авторы трудились над новым устройством четыре года и предъявили результат публике на международной выставке «Presence 2005» в Лондоне. Желающие могли совершить путешествие в виртуальном мире. Они надевали трехмерные очки и оказывались на виртуальной улице, среди строений и пешеходов. Затем компьютер предлагал им двигаться вперед или поднять руку.

Если добровольцу надо было идти, он должен был представить себе нужное действие. Правильные мысли приводили в движение его компьютерного двойника, в случае ошибки тот оставался на месте. Если надо было мысленно поднять руку и испытуемый выполнял это задание, человеку в компьютере разрешалось не уходить, а если сконцентрироваться на этом движении не удавалось, в качестве наказания он отступал на несколько шагов назад.

Осилить управление удастся не сразу. Одному из испытуемых потребовалось на это пять часов. Впрочем, освоившись, человек чувствует себя достаточно уверенно.

Инженеры рассчитывают, что смогут помочь многим пациентам, в том числе пережившим инсульт, ведь новый интерфейс тренирует моторные центры мозга. Кроме того, эта технология поможет парализованным людям управлять действиями искусственной руки или печатать, пользуясь виртуальной клавиатурой. («News@nature.com», 2005, 27 сентября)

**Д**авно известно, что в средневековых чернилах присутствуют вещества, которые вызывают порчу бумаги. Многие документы — от рисунков известных художников до политических договоров — ветшают со временем, и на месте линий появляются дыры.

Чтобы решить эту проблему, участники проекта «InkCor», проводимого на базе Национальной и Университетской библиотек Словении в Любляне, попытались для начала выяснить точный состав чернил. Анализы показали, что зачастую в них содержится очень много железа. Атомы металла вступают в реакцию с кислородом, в результате образуются активные свободные радикалы, которые разрушают целлюлозу и делают страницы желтыми и ломкими. Лет через сто это может привести к окончательной гибели документов.

Кроме того, авторы работы заметили, что в древности небесно-голубые чернила предпочитали угольно-черным. Вероятно, их основным компонентом была сернистая медь, а не соединения железа. Чтобы проверить догадку, исследователи проанализировали записи, облучив их протонами и определив характеристики рентгеновских лучей, которые испускали образцы. Были обнаружены медь, хром и марганец, которые совместно разрушают бумагу куда быстрее, чем одно лишь железо.

Обработав полученные данные, ученые предложили способ, который замедлит порчу рукописей. Их нужно обработать составом из щелочей и антиоксидантов в органическом растворителе. Первые понижают кислотность бумаги, а вторые тормозят образование свободных радикалов. Основные компоненты состава, гептан и этанол, легко испаряются, не повреждая бумагу. Так можно будет увеличить срок жизни документов почти в десять раз. («News@nature.com», 2005, 6 сентября)

**Т**аким Плутон еще не видели. На его лике предстали разноцветные пятна — замерзшие озера из метана, азота и угарного газа.

Цветную карту самой далекой планеты Солнечной системы астрономы составили с помощью космического телескопа Хаббла. Год на нем работала камера ACS, еще два года трудились мощные компьютеры. На новой карте сотрудники Ловеллской обсерватории под руководством М. Буи обнаружили разнообразие пятен. Темные — это, вероятно, грязный лед из воды, более светлые — из замороженного азота. Ярко-красные пятна — метановый иней. Впрочем, не исключено, что в них присутствуют и другие органические молекулы на основе углерода. Самое яркое пятно в центре карты — угарный газ, считают исследователи.

Однако полной уверенности в составе разноцветных областей нет, и остается только гадать, что за ними скрывается на самом деле. Вся надежда на космический аппарат NASA «Новые горизонты» («New Horizons»), который в следующем году отправится в далекое путешествие на встречу с Плутоном и его спутником Хароном, открытым в 1978 году. Космический разведчик прибудет туда не раньше 2015 года.

Есть новости и о Хароне. Во время затмения удалось оценить его радиус —  $602,5 \pm 1$  км, и плотность —  $1,73 \pm 0,08$  г/см<sup>3</sup>. С помощью этих данных ученые надеются получить больше информации о самом Плутоном, дополнив старые сведения 1980 года. Не развеяны до конца сомнения по поводу статуса Плутона. Может быть, это только один из космических объектов из пояса Койпера — области Солнечной системы за орбитой Нептуна, населенной небольшими объектами типа астероидов и ядер комет. («BBC News», 2005, 12 сентября)



Среди тропических лесов Амазонки встречаются так называемые «адские сады». Там растут одни только деревья *Duroia hirsuta*, в дуплах которых живут миллионы муравьев. На фоне окружающего разнообразия природы это действительно выглядит жутковато. Таким садам может быть не одна сотня лет, и насчитывают они не менее 300 деревьев.

Биологи уже высказывали предположения, что окружающую растительность губят либо муравьи, либо сами деревья. Однако объяснить этот феномен и собрать доказательства лишь недавно удалось сотрудникам Стэнфордского университета (Калифорния).

Ученые высаживали посреди «адского сада» молодые деревца других видов и защищали их от насекомых. До поры до времени саженцы чувствовали себя прекрасно. Однако когда защиту снимали, муравьи начинали свою подрывную деятельность: прокусывали в листьях «посторонних» деревьев крошечные дырочки и впрыскивали туда муравьиную кислоту из брюшка. Уже через несколько часов после укола на листьях вдоль жилок появлялись коричневатые пятна, и меньше чем за неделю дерево сбрасывало листву и погибало.

Муравьиная кислота — в природе не редкость, из 15 000 видов этих насекомых ее производят почти три четверти. Это надежное средство защиты от животных и других насекомых, но только перуанские муравьи используют ее в качестве гербицида. Как они отличают свое дерево от чужого? Авторы работы хотят разгадать и эту тайну, а также посмотреть, сумеют ли муравьи одолеть не молодую поросль, а взрослые растения. («News@nature.com», 2005, 21 сентября; «Nature», т. 437, с. 495)



Компания «NEC» и Институт науки и техники в японском городе Нара разработали программное обеспечение, которое позволит сканировать документы мобильным телефоном. Новинка грозит подорвать издательский бизнес. Уже сейчас владельцы книжных магазинов и газетных киосков в Японии недовольны тем, что жители пригородов предпочитают не покупать газеты и журналы, а делать с помощью мобильного телефона снимки статей, чтобы прочитать их в дороге.

Это стало возможным благодаря тому, что в некоторых аппаратах есть программа распознавания символов, которая преобразует небольшой текст в цифровую форму. Новая разработка поможет отсканировать большой документ. Она захватывает статичные изображения и соединяет их, используя схему страницы. Программа также замечает и корректирует искривление строчек. Теперь мегапиксельной камерой можно за 3–5 секунд отсканировать лист формата А4. Мобильный «сканер» делает от 21 до 35 снимков, которые программа собирает вместе, извлекая из них текст.

Цель изобретения — превратить мобильный телефон в факс или сканер, который всегда под рукой. Однако инженеры опасаются, что технология вызовет негодование издателей, поскольку приведет к нарушению авторских прав. Компания «NEC» уверяет, что не допустит неправомерного использования своей продукции. Для этого при каждом использовании сканера будет раздаваться звук, который нельзя будет отключить или скрыть в наушники. Впрочем, в течение ближайших трех лет коммерческое распространение новой продукции не планируется. («New Scientist», 2005, 14 сентября)



Кальмар *Architeuthis* — самое большое в мире беспозвоночное животное. Он давно уже стал героем морских легенд под именем кракена — гигантского чудовища, топившего корабли. Начиная с XVI века на берегах морей было найдено около 850 особей таких кальмаров. Некоторые из них вместе со щупальцами достигали 18 м в длину и весили около тонны. Представители этого редкого вида живут на большой глубине, а потому долгое время оставались неуловимыми. Компаний, занимающиеся производством документальных фильмов, вложили миллионы долларов в попытку снять фильм о взрослом гигантском кальмаре в естественной среде обитания. Японские рыбаки сумели сделать снимки героя на поверхности океана, но до сих пор никому не удавалось заставить его во время охоты.

Зоологи Т. Кубодера и К. Мори прикрепили камеру к рыболовной леске и опустили на глубину 1000 метров. Под камерой подвесили набор крючков, а на них в качестве приманки нацепили обычного кальмара и рубленых креветок. Ученым повезло: восьмиметровый кальмар обернул щупальца вокруг добычи и попался на крючок. Пока он пытался освободиться, удалось сделать более 500 снимков. На фотографиях видно, как кальмар разворачивает щупальца, окутывая крючки. Четыре часа спустя зацепленное щупальце оторвалось и кальмар уплыл.

Щупальце еще продолжало шевелиться, когда его подняли на борт. Оно было покрыто присосками, которыми хваталось за палубу и за пальцы доктора Кубодера. По его словам, захват был не слишком сильным, но присоски — очень липкими.

Не правы те, кто утверждает, что *Architeuthis* при такой длине — животное вялое. На фотографиях видно, насколько это энергичный хищник. («BBC News», 2005, 28 сентября)



Врачи давно пытаются справиться с повреждениями сердечной мышцы и кровеносных сосудов после инфаркта. Сейчас большие надежды они возлагают на стволовые клетки. Результаты исследований, проведенных на грызунах, свидетельствуют, что такой способ может помочь.

При лечении людей обычно используют стволовые клетки костного мозга. К сожалению, они не всегда образуют клетки, способные заменить поврежденные, и потому среди ученых немало сторонников использования эмбриональных стволовых клеток.

Ученые из расположенного в Монпелье Национального центра научных исследований Франции опробовали на овцах лечение эмбриональными клетками, взятыми у мышей. Исследователи впрыснули по 30 млн. таких клеток в сердца девяти овец, перенесших инфаркт. Спустя месяц все овечьи сердца бились на 15% эффективнее, чем у животных, тоже переживших удар, но не подвергнутых лечению.

В овечьих миокардах ученые обнаружили специфические для стволовых клеток белки-маркеры и сделали вывод, что клетки выполнили свою миссию — починили повреждения.

Пока наблюдаемое улучшение сопоставимо с тем, что достигается у людей при лечении стволовыми клетками костного мозга. Но, как известно, точнее судить о результатах можно лишь по истечении второго месяца.

Следующий шаг медиков — проверить на бабунах, как работают эмбриональные стволовые клетки человека.

(«News@nature.com», 2005, 16 сентября; «Lancet», 2005, т. 366, с. 1002)



# А все-таки она существовала!

Кандидат биологических наук  
Н.В.Вехов



**Н**аверняка среди читателей «Химии и жизни» немало тех, кто, будучи подростком, увлекался книгами об экзотических путешествиях, мечтал разгадать сложные загадки природы. Есть, вероятно, и такие, кто именно под их влиянием выбрал профессию ученого, сделав те самые тайны природы предметом своих научных исследований. Вот и меня бабушка познакомила когда-то с удивительной загадкой, дав почитать книгу выдающегося отечественного писателя-фантаста, геолога и путешественника, академика Владимира Афанасьевича Обручева «Земля Санникова».

Однако и тогда, и много позже мне казалось, что в основе сюжета увлекательного романа лежит всего лишь красивый вымысел: на географических картах белых пятен я никогда не видел.

И вдруг, проработав в Арктике более 30 лет, добравшись до многих труднодоступных ее уголков, я все чаще стал возвращаться к той давней загадке: до меня то и дело доходили отголоски дискуссии о загадочной северной земле, которая так сильно будоражила умы два столетия назад. К тому же постепенно (и неожиданно для меня) стало выясняться, что многое в книге В.А.Обручева, казавшееся несомненной игрой фантазии, отнюдь не вымысел. Оказалось, что вокруг существования неведомой земли споры в среде специалистов не утихают до сих пор, причем есть немало научных материалов, которые говорят о том, что такая земля в Северном Ледовитом океане действительно была.

## Неведомые земли: только факты

В первой половине XVII века от устья Лены на восток Сибири, в сторону пока еще не открытого мыса Дежнева, ринулись отважные казацкие ватаги. И так уж получилось, что один из первопроходцев, Михайло Страдухин, в 1646 году впервые, со слов зимовавших с ним на Колыме промышленников и казаков, сообщил о замеченном против устья Яны и Индигирки острове: «Гораздо тот остров в виду и горы снежные, и падины, и ручьи знатны». Джинн был выпущен из бутылки, и началась почти 400-летняя история самой знаменитой сказки Севера — сказки о загадочных землях в самом сердце Арктики. В числе этих неведомых земель не последнее место занимала Земля Санникова.

Сколько же их было всего, этих земель, три с лишним столетия манивших путешественников и мореплавателей? Одна, пять, десять? Земли Жуана-да-Гамы, Харриса, Брэдли, Джиллиса, Петерманна, Короля Оскара... И это только те, что были известны серьезным исследователям и нанесены на карты. А сколько их еще осталось в народных преданиях!

Лишь столетие спустя, в 1770 году, существование terra incognita, образно описанной Страдухиным, подтвердилось фактами: до острова добрался купец и промышленник Иван Ляхов. Ему посчастливилось сделать новое открытие: к северу от первого острова он увидел еще один. После этого упрямый купец добился монополии на добычу пушнины и промысел мамонтовой кости на земле, что носила теперь его имя (острова стали именоваться Ляховскими). А спустя несколько лет поодаль от найденных ранее островов обнаружился третий — остров Котельный. Свое необычное название он получил в честь то ли слу-

чайно забытого на острове, то ли специально спрятанного здесь котла — той вещи, без которой раньше не обходилась ни одна промысловая экспедиция, ни одно морское плавание.

После смерти Ивана Ляхова право промысла на новооткрытой земле перешло к купцам Льву и Семену Сыроватским. А старшиной, пятавщиком промысловых артелей, отправлявшихся туда бить зверя, был Яков Санников, чье имя впоследствии стало неотделимо от арктической легенды. На его счету к тому времени было уже не одно открытие: острова Столбовой, Фаддеевский, Новая Сибирь. И самое удивительное, что на них Яков Санников обнаружил россыпи костей неизвестных животных, остатки ископаемых деревьев и каменные изделия: налицо были следы загадочной, необычной для Арктики человеческой деятельности.

И вот в 1810 году с северного берега острова Новая Сибирь Санников увидел далекую скалистую землю и решительно двинулся к ней. Однако незамерзшее море остановило отважного первооткрывателя. Два года подряд, раз за разом штурмовал промысловик это неодолимое препятствие, но море всякий раз преграждало ему путь. А Земля казалась такой близкой! Даже с острова Котельного манили Якова Санникова очертания скал, затерявшихся у горизонта.

Между тем по царскому указу в новооткрытые земли двинулись экспедиции, которые возглавил сосланный в Якутск служащий Ревельской таможни Матвей Геденштром. Несколько лет под его руководством казаки обследовали и описывали не изученные ранее приморские участки суши, посещали мало известные, а то и вовсе никем не описанные острова. Дошла очередь и до Земли Санникова.

Матвей Геденштром поступил вроде бы хитрее первооткрывателя: он стартовал к ней не с островов, а от



*Кизиляхи — «каменные люди» — вовсе не творение человеческих рук. Эти образования, украшающие арктический ландшафт, появились в результате выветривания. Арктические острова постоянно разрушаются, обнажая свой внутренний каркас*

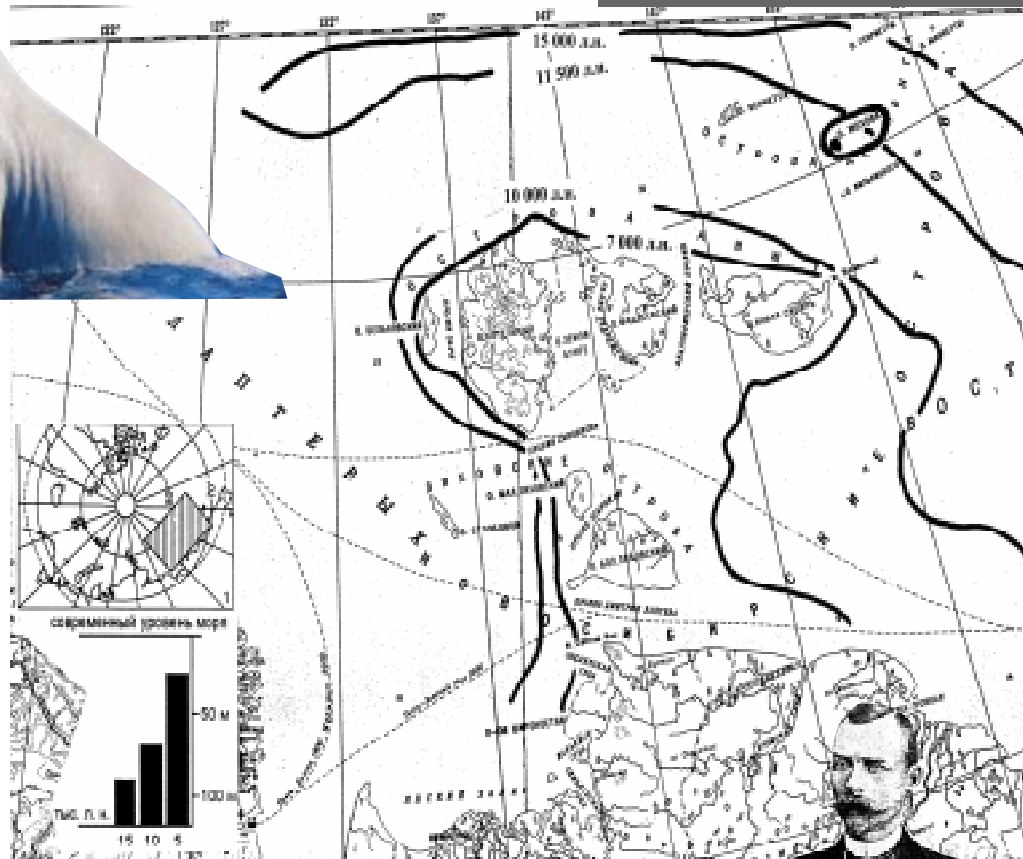


**СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ**

*Изменение береговой линии в районе современных Новосибирских островов за последние 15 000 лет*



*Море постепенно «съедает» Новосибирские острова: через несколько лет от этой огромной глыбы промороженного грунта, что откололась от обрывистого берега, не останется и следа*



устья Колымы, однако вскоре, как и Санников, уперся в непреодолимую полынью. Казалось, непонятная колдовская сила преграждает человеку путь к призрачной Земле.

Полынья, которая отрезала экспедициям путь на север, сейчас хорошо известна географам и мореплавателям как Великая Сибирская. В силу особых гидрологических условий море в этом районе не замерзает почти никогда. Ежегодно полынья меняет свои очертания, становится то больше, то меньше, однако образуется она даже в очень суровые зимы. Здесь в изобилии скапливаются и морской зверь, и птица, и рыба.

А в ту пору рассказы о загадочном непреодолимом препятствии только разжигали интерес и решимость первопроходцев. Одним из горячих сторонников идеи существования Земли Санникова был отважный путешественник барон Эдуард Толль, выпускник Академии Густавиана, как на заре своей именовался Тартуский университет, давший миру немало великих и беспокойных исследователей. Барона Толля не смущали ни трудности, ни

скепсис авторитетных оппонентов — ведь он уже видел однажды загадочный остров своими глазами! Во время арктической экспедиции он заметил на горизонте контуры гор с низинами, разделявшими их. Это случилось 13 августа 1886 года, и с тех пор Земля Санникова навсегда овладела помysłами путешественника.

И хотя лейтенант Петр Анжу, возглавивший в 1821 году экспедицию, снаряженную специально для поисков Земли Санникова Адмиралтейским департаментом морского ведомства, возвратился с твердым мнением, что ее «нет на N от Новосибирских островов» (подробные карты которых составила экспедиция), это не смутило Эдуарда Толля. Он был просто одержим идеей отыскать и описать легендарный остров, и в итоге сумел добиться организации Русской полярной экспедиции, которая в 1900 году на шхуне «Заря» отправилась такти искать Землю Санникова.

Два года героических походов в Северной Арктике закончились трагично: Эдуард Толль и его спутники погибли, возвращаясь по льду с острова Беннета на материк в октябре 1902 года.

*Эдуард Васильевич Толль. Путешественник, ученый и неисправимый мечтатель. Уходя в плавание на шхуне «Заря» в 1900 году он очень надеялся отыскать Землю Санникова*

**Земля Санникова: «за» и «против»**

Как видим, мнения по вопросу о существовании Земли Санникова разделились очень давно. Были те, кто считал ее игрой воображения, а то и откровенным вымыслом людей, желавших прославиться за здорово живешь. Но в то же время было немало серьезных ученых, которые доверяли свидетельствам очевидцев, а безрезультатность поисков загадочного острова объясняли тем, что позднее он просто исчез, по причинам, которые только предстоит выяснить.

И хотя первая точка зрения вроде бы имела больше прав на существование, второе мнение, как это ни странно, тоже было весьма обоснованным.

Одним из главных сторонников идеи существования неведомой земли был В.А.Обручев. В своем романе он опи-

рался на череду реальных событий и привел в доказательство своей точки зрения аргументы, которые не могли игнорировать беспристрастные исследователи. Завязка романа «Земля Санникова» — заседание ученого общества, организованного для поисков пропавшей экспедиции. И общество, и барон Эдуард Толль — исторические реалии. Общество это именовалось Императорским географическим, а один из его комитетов действительно организовал когда-то полярную экспедицию, которую возглавил реальный путешественник барон Толль. Точно так же, как в романе, он погиб от холода, так и не сумев добраться до загадочной земли.

А помните, как в конце своего выступления докладчик подытоживает все аргументы, и делает безапелляционный вывод о том, что Земли Санникова нет? В ответ на это из зала раздаётся решительный возглас: «А все-таки она существует!».

Это мог бы выкрикнуть и сам академик Обручев, присутствуя он на том заседании. До конца жизни он глубоко верил в существование Земли Санникова и даже назвал одну из своих научно-популярных статей в журнале «Природа» (1946) именно так — «Земля Санникова существовала». В этой статье он привел в поддержку гипотезы множество фактов из области палеонтологии, геологии, современной ботаники и зоологии. Но это были все-таки косвенные свидетельства, а умозаключения, сделанные на их основе, всегда уязвимы.

В то же время критики имели в своем активе несомненные козыри. Они были вооружены и материалами уже забытых экспедиций первопроходцев, и результатами совсем недавних исследований. Основания для скепсиса у них действительно были. Ведь начиная с XVIII века мореплаватели, оказавшиеся в акватории арктических морей — Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского, — а также летчики, пролетавшие над ними в XX столетии, не раз наблюдали фантомы, подобные Земле Санникова. С борта корабля или самолета им открывались огромные, площадью несколько десятков и даже сотен квадратных километров дрейфующие ледяные поля, фрагменты припайного льда или плавучие айсберги, покрытые сверху камнями, грязью, илом, бревнами плавника. Издали, да еще в тумане, их принимали порой за острова, и только позже выяснялось, что это была ошибка.

Однако все мореплаватели хорошо знали и другое. За последние столетия в море между устьями Лены, Яны и Индигирки были размыты и ушли в небытие несколько островов, открытых Великой Северной экспедицией, — Васильевский, Семеновский, Меркурия и Диомида. Вдобавок конфигурация Новосибирского архипелага за то же время сильно изменилась, да и площадь входящих в него островов резко уменьшилась.

Современная наука объясняет это тем, что все исчезнувшие, утонувшие в пучине острова представляли собой не что иное, как рыхлые отложения

легких фракций — песка, торфа, аллювия, но только промороженные жильными льдами на десятки метров вглубь. Постепенно море сделало свое дело — то есть просто-напросто размыло их, оставив от бывшей суши едва различимые следы. На современных картах они выглядят как поднятия на морском дне, банки, мелководья, причем некоторые из них столь мало отличаются от соседних участков дна, что зафиксировать эти поднятия удается разве что при анализе рельефа со спутников или при помощи эхолота.

Был у сторонников В.А.Обручева и еще один аргумент, который выглядел очень веским: если земли на севере не существует, то куда же продолжают лететь весной птицы? Ведь о них сообщали почти все путешественники и промышленники, побывавшие на окраинных мысах материка или островов. Куда устремились вдруг олени, добравшиеся до Святого Носа, которых наблюдал Иван Ляхов в 1770 году? Он видел, как они ринулись куда-то на север прямо по льду, но куда? На открытые позже суровые Новосибирские острова или еще дальше, к теплой земле с зеленой травой?..

Легенды о благодатной земле, затерянной в Ледовитом океане, есть в фольклоре чукчей, юкагиров, эвенков, якутов и всех основных северных народов, которые испокон веков жили охотой и рыболовством, а значит, вели кочевой или полукочевой образ жизни. Могло ли быть так, что во время своих странствий они и в самом деле сталкивались с загадками и сюрпризами, на которые так щедра природа? Кто знает? Истоки фольклора теряются в веках.

Где же искать загадочную Землю Санникова? Ясно, что где-то в самых высоких широтах. Однако для многих привязка этой земли к каким-то конк-



*Новосибирские острова — Котельный и Большой Ляховский*



*Памятный крест на острове Беннета в честь Эдуарда Толля и его спутников, погибших во время поисков Земли Санникова*







ретным географическим координатам вообще не важна: это собирательный образ, символ теплой суши в Северном Ледовитом океане. И этот образ можно наложить, к примеру, на небольшие вулканические острова, открытые среди льдов в 1879–1880 годах американской экспедицией Джорджа Де Лонга на судне «Жаннета» (архипелаг Де Лонга). Некоторые видят ее в небольшом острове Жохова, обнаруженном в 1913 году русской экспедицией под командованием Б.А. Вилькицкого на судах «Таймыр» и «Вайгач». Ведь нашли же впоследствии ученые на скалах всех этих островов гнезда и даже целые птичьи базары! Уж не сюда ли летят стаи перелетных птиц через Новосибирские острова?

Между тем история XX столетия, словно нарочно, так выстроила цепочку событий, чтобы человечество оставалось заинтригованным как можно дольше. Только в 1967 году, примерно через десять лет после смерти автора романа «Земля Санникова», на острове Жохова полярники нашли древние охотничьи орудия. Еще через 20 лет ученые сделали радиоуглеродную датировку этих находок и установили, что им никак не меньше восьми тысяч лет, а скорее всего, даже больше.

Но как могли выжить древние люди в ледяной пустыне Северного Ледовитого океана? Ведь даже на островах Баренцева моря, омываемых теплыми водами Гольфстрима и гораздо более хорошо изученных, подобных находок никто никогда не делал. А где, казалось бы, как не там, было промысливать охотникам и зверобоям: еще полтора-два столетия назад запасы морского зверя, рыбы и птицы в этих районах Арктики казались неисчерпаемыми. И все-таки охотились они не здесь, а на далеком крошечном острове Жохова.

## Находки на рубеже тысячелетий

За последнее десятилетие XX столетия археологи собрали на острове Жохова огромный материал и таким образом узнали много интересного о быте и занятиях людей, оставивших здесь следы своей материальной культуры.

Особенно интересными оказались скопления костных останков животных. Оказалось, что древние люди были выдающимися охотниками: добывали волка, песца, белого медведя, северного оленя, тюленя, моржа, в летний период не пренебрегали вкусным мясом гусей, а иногда ели даже чаек. Но самое удивительное, что жоховские охотники всем промысловым объектам предпочитали почему-то белого медведя и северного оленя: количество их

костей и черепов в сотни раз превышает количество останков других животных.

Так что же, перед нами прямые доказательства существования в историческом прошлом народа, который использовал белого медведя в качестве одного из основных источников мяса? Ни с чем подобным исследователям до сих пор сталкиваться не приходилось. Впрочем, однозначные выводы делать пока рано.

Белый медведь из раскопок с острова Жохова оказался мелковат. Размеры черепов и костей у него примерно такие, как у самок современных зверей. Это может означать, что в то далекое время арктические хищники были мельче нынешних, но такое предположение не вяжется с общей экологической ситуацией эпохи — она была благоприятнее современной, да и пищи для зверей было больше. Возможно, правда, и другое объяснение: например, древние люди могли добывать лишь молодых зверей и самок, а на матерых самцов охотиться не решались или просто не могли, так сказать, по техническим причинам.

Ведь белого медведя даже из мощного современного ружья или винтовки можно уложить, только зная, куда целиться, а на вооружении древних охотников не было ничего, кроме копий с каменными пластинами-наконечниками, прикрепленными к древку или вложенными в специально сделанные углубления. Но как завалить полутонного зверя копьем, пусть даже крепким и острым? Это, прямо скажем, нечто из области фантастики.

Впрочем, эта загадка — далеко не единственная. Возникает вопрос: как же древние охотники умудрялись круглый год жить на острове, затерянном в Ледовитом океане? Ведь летом температура в этих широтах не поднимается выше +5–+8°C, часты заморозки, снег, постоянно дуют холодные ветры, к берегу нагоняет льдины. Зиме, которая длится в этих широтах более девяти месяцев, и говорить не приходится: 30–50-градусный мороз сковывает море. Да еще добавьте многомесячную полярную ночь и пугающие сполохи северного сияния.

Как древние боролись с всепроникающим холодом? Даже с учетом того, что предки были выносливее нас с вами, совершенно очевидно, что одежда из шкур животных от такого мороза не спасет. Может быть, у охотников были теплые жилища? Но своды любой землянки, вырытой в промерзшей земле, сразу же потекут, если в ней жечь костры. Значит, пристанища этих арктических племен должны быть сродни чукотским чумам, индейским вигвамам или эскимосским иглу — но это только предположение. К тому же остается вопрос о топливе. Да, на острове Жохова можно найти немало плавника, его, пожалуй, даже хватит, чтобы жечь костры всю долгую зиму, но все-таки не много лет подряд.

## Версии: сомнительные и правдоподобные

Так, может быть, и не жили здесь постоянно древние племена? Предположение вполне здоровое. Но в этом случае возникает другой вопрос: как они добирались до острова и зачем принимали столь опасное путешествие?

Останки деревянных саней и собачьи кости, найденные на острове, натолкнули исследователей на мысль о примитивных нартах, запряженных собаками. Впрочем, это могли быть и олени упряжки — ведь останков оленя на острове почти столько же, сколько останков белого медведя. Смущает, правда, расстояние, которое приходилось покрывать охотникам: ведь даже если предположить, что стартовали они с Новосибирских островов, им пришлось бы преодолеть по льду более ста километров!

Весной и в начале лета сделать это заведомо невозможно: ледовый покров моря в это время года нарушается и образуется множество полыней и разводьев. А если мы вспомним попытки Якова Санникова и Матвея Геденштрама дойти до земли, видневшейся на горизонте, и Великую Сибирскую полынью, помешавшую им, задача добраться до острова Жохова по льду начинает казаться и вовсе не выполнимой.

Конечно, мне могут возразить, что и в этих широтах все-таки случаются годы, когда море «стоит», не вскрывается. Да, это верно. Например, в 1886 году экспедиция барона Толля наблюдала крайне редкое явление: ледовая обстановка вокруг архипелага была такой суровой, что ледовый покров в проливе Санникова (он разделяет острова Котельный и Ляховский) держался до начала октября. Может, именно в такие годы, когда лед сплошь сковывает проливы между материковой суши и островами, и добирались древние охотники до своих северных стойбищ? Исключить такую ситуацию априори конечно же нельзя, но она маловероятна: годы, благоприятные для путешествий по льдам, случаются не каждое десятилетие, они скорее исключение, чем правило.

Чтобы разобраться в этом клубке противоречий, нужно обратиться к палеогеологии и внимательно проследить контуры береговой линии в районе современных Новосибирских островов в позднем плейстоцене и раннем голоцене. Это примерно та эпоха в истории Земли, к которой относят археологические находки с острова Жохова. Оказывается, в не слишком далеком геологическом прошлом береговая линия материковой суши располагалась в интересующем нас районе значительно севернее. За последние

10–15 тысяч лет под натиском моря часть суши погрузилась в глубину метров на двадцать или чуть больше, а в результате береговая линия сдвинулась к югу на две сотни километров.

Контуры той, древней, суши можно увидеть сегодня только на палеоокеанических картах, но для нас крайне важно, что когда-то все острова Новосибирского архипелага, за исключением острова Столбового, были частью полуострова, сильно выдававшегося в море. Остров Жохова был тогда либо составной частью материковой суши, либо отстоял от нее совсем недалеко.

Природно-климатические условия на полуострове были довольно благоприятными как для растений, так и для животных. Неотъемлемыми составляющими фауны были мамонт и шерстистый носорог, а также белый медведь, песец, волк, северный олень и целый ряд других зверей и птиц, до сих пор обитающих в северных широтах. В общем, дичи для охоты более чем достаточно.

Но тогда еще более странным выглядит выбор древних охотников — мало того что белый медведь — зверь



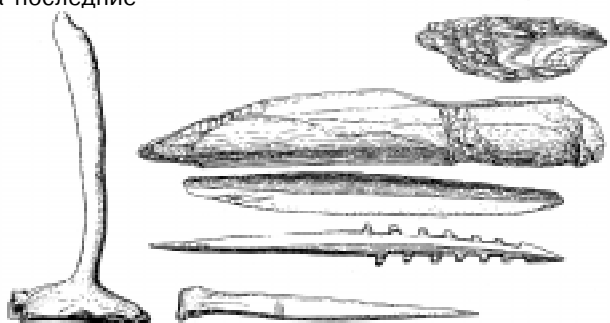
*Тюлени, как и белые медведи, — главное богатство древней суши. Их сейчас немало среди арктических льдов*

исключительно свирепый, его и в пишу-то использовать опасно. Печень белого медведя буквально «набита» витамином А, и даже маленький кусочек может вызвать у человека жесточайший гипервитаминоз со смертельным исходом.

Однако противоречие исчезает, если принять, что остров Жохова — крайняя точка той северной Ойкумены, которую мы вправе назвать Землей Санникова.

Как мы уже поняли, населял эту территорию неизвестный доселе древний народ, относящийся к культуре арктических охотников. Но тогда территория современного острова Жохова могла использоваться ими как своего рода сакральный объект, где совершали некое ритуальное действие, — скорее всего, подношение дара неизвестному пока божеству (а может быть, и не одному). В качестве ритуального, жертвенного животного использовали белого медведя, а оленями и другой живностью, останки которой были найдены в жоховских раскопках, «паломники» питались по пути на остров или до ритуальной охоты.

*Охотничий и бытовой инвентарь из раскопок стоянки первобытных охотников на острове Жохова. Мамонтовые бивни, кости и рога оленя, бивни моржа — все шло в дело*



*Экспонаты музея в поселке Хатанга и останки мамонтов из раскопок. Точно такие же кости мамонтов находили на Новосибирских островах Яков Санников, Иван Ляхов и другие первопроходцы; обнаруживают их там и поныне. Значит, когда-то суровая северная земля могла прокормить подобных травоядных исполинов*





*Белый медведь – главный объект промысла древних охотников с Земли Санникова*

**СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ**

Анализируя характер расчленения добычи, исследователи предположили, что, сняв шкуру, арктические охотники отделяли голову, либо аккуратно вырезая ее из сочленения с позвоночником, либо перебивая позвоночный ствол. Язык и мозг, похоже, считались особым лакомством, а из клыков делали украшения или амулеты. Остатки позвоночника бросали на месте охоты, отрезали и выбрасывали несъедобные части лап с когтями и обилием мозольных утолщений, но что странно — на стоянку везли только переднюю часть туши.

В пользу версии о белом медведе как жертвенном животном говорит многое. Это, прежде всего, тщательное отчленение головы от остального тела и характер использования медвежьего мяса. Ведь от добытого животного брали лишь переднюю часть, хотя задняя была едва ли не более мясистой. Конечно, арктические охотники почти наверняка знали о «ядовитости» медвежьей печени. Возможно, они считали, лучше выбросить весь «задок», чем отравиться, но не исключено, что эта часть туши предназначалась божеству, которое могло «наказать» того, кто к ней притронется. При этом мясо, доставленное на стоянку, охотники могли есть сами, что, возможно, являлось неотъемлемой частью ритуала.

Из мощных зубов медведя изготавливали амулеты — и это тоже говорит в пользу версии о ритуальной охоте. Многие народы до сих пор используют зубы крупных хищников, их когти, а также когти некоторых птиц, чтобы защитить себя от врагов, враждебных духов, нечисти; по их мнению, охот-

ничьи трофеи должны придавать мужчинам дополнительные силы животного-тотема.

Кроме всего прочего, подтверждает версию об острове Жохова как сакральном объекте и прямая аналогия. Специалистам хорошо известно, что именно в таком качестве до сих пор используют самоеды (ненцы) остров Вайгач. По-ненецки он называется Хэбидя Я — Святая Земля. И это место массового многовекового паломничества не только ненцев (которые как народ возникли относительно недавно): задолго до них здесь совершали ритуальное действие народы с совершенно другой культурой, но известно об этих аборигенах Арктики все еще очень мало (см. «Химию и жизнь» 2001, № 12).

Остров Вайгач несравненно ближе к материку, чем современный остров Жохова: лишь 2–3 км отделяют его от Югорского полуострова, сюда без труда могли попадать и самоеды, и их предки, даже если лед уже начинал таять, и в нем появлялись полыньи. И на Вайгаче, и на острове Колгуев, и на Ямале, да и на всех мало-мальски значительных мысах, обрывистых берегах и возвышенностях арктические аборигены, а позднее — народы, сменившие их, устраивали святилища (сядеи) и жертвенники, где медвежьи черепа занимали почетное место среди подношений. На это уже давно обратили внимание как отечественные, так и зарубежные путешественники. Так что, возможно, здесь налицо преемственность в выборе жертвенных животных, прошедшая через тысячелетия.

Кем были древние охотники с острова Жохова, каким современным ма-

лым народам Севера они родственны? Ведь все ныне известные древние охотники «на мамонтов, шерстистых носорогов и северных оленей с огромными рогами» жили преимущественно в тундрах или тундростепях на материке.

Куда исчезли эти древние люди? Ушли куда-то с суровой земли, погибли? А может быть, ассимилировались, растворившись среди переселенцев, нахлынувших сюда с юга? По типу охотничьих орудий и некоторых предметов быта жоховские охотники близки к сумнагатинской археологической культуре, распространенной от Таймыра до Чукотки. Древний народ, создавший ее, обладал высоким потенциалом мезолитической охотничьей культуры, он сумел освоить огромные пространства Северо-Восточной Азии. Вспомним, что современные ненцы возникли при смешении древних самодийских племен мигрировавших с Алтая, с досамодийским населением Ямала и Большеземельской тундры.

Это лишь гипотеза, но гипотеза, подтвержденная фактами. Каким будет окончательный ответ у загадки про Землю Санникова, покажет время. А пока над сушей, затерянной в Ледовитом океане, продолжают бушевать холодные пронизывающие ветры, вокруг торосятся целые горы льда. Сюда по-прежнему забредают белые медведи, не ведая, что в своих тихих кабинетах ученые уже несколько десятилетий ломают голову над загадкой Земли Санникова.





## Жемчужина коллекции

Я обнял ладонью каплеобразный бокал. Следжер вновь забегал передо мной. Никогда не видел вице-президента «Тайм спэйс сенчури» в таком состоянии.

— Да успокойся ты! — попросил я и отпил глоточек «Царицы Марса». Нет, врут: это сделано на Земле... Я вдохнул воздух над краем бокала. Точно, Земля. Лет тридцать выдержки. На Марсе тогда не было никаких поселений. И уж тем более никаких парниковых плантаций. Но разве важно где и когда сделано, если пьется хорошо? Как говорится, главное — на Земле, главное — в коньяке.

Круто развернувшись, Следжер уставился на меня:

— Как твоя «Дип си абисс»?

## Дмитрий Поляшенко

Из вежливости спросил, не до меня ему сейчас было.

Я пожал плечами. Кресло было удобным, почти лежачим.

— Нормально. Подумываю о расширении. В планах — экскурсии под антарктический ледовый щит. Жаль, на Марсе водоемы пока мелковаты — вброд перейти можно. Туристы к нам валом валят, чтобы пройтись по дну Марианской впадины, постоять на капитанском мостике «Титаника», увидеть подводное извержение вулкана. Технология наконец сделала доступной всю поверхность Земли, которая раньше была скрыта многокилометровой толщей воды.

Следжер кивнул, не слушая, и забегал снова. Я с иронией следил за ним.

— И что, — спросил его, — неужели нету спроса на вашу продукцию?

— Не в этом дело! — Следжер бухнулся на подвернувшийся пуфик, забыв о своем кресле. Он то кусал ногти, то сжимал кулаки.

Я сделал большой глоток, благосклонно шевельнул бровью и стал оценивать свои ощущения. Неплохо, неплохо, но... Последние сомнения отпали: тридцать два года выдержки, юг Франции, причем среднеосвещенная сторона холма. Наверное, я мог бы стать неплохим сомелье.

— Тогда, может быть, НАСА запретило?

Следжер отрицательно мотнул головой. Я задумался:

— Ну тогда... решено брать плату за пролет ваших аппаратов как за частного транспорта?

— Нет, все это совершенно ни при чем! Моя коллекция...

— О!.. — Сдаваясь, я поднял ладони.

Если я трачу лишние деньги, то именно на раритетные вина, которые могу выпить, всласть налюбовавшись пыльной бутылкой. Впрочем, употребить «шамбертэн» с походного стола Наполеона, который он не успел открыть перед битвой при Ватерлоо, признаюсь, до сих пор не поднимается рука. Больше такого нету.

А вот в отличие от меня Следжер вбухивает семизначные суммы в абсолютно несъедобные и бессмысленные безделицы. Например, в пишущую машинку Герберта Уэллса, ноутбук Лукьяна Василевского, перьевую ручку Морошкина, личный арифмометр фон Неймана, телескоп Гершеля, школьную шпаргалку Эйнштейна, рогатку Степухина. Конечно, все эти вещи уникальны, но стоит ли каждая из них состояния, чтобы ею только любоваться?

И тут меня осенило:

— Неужели ты упустил открывалку барона Хеннеси?

Дело в том, что Следжер мне все уши прожужжал о желании приобрести ее за любые деньги. Но ответ оказался неожиданным:

— Нет, Фоб. На той неделе вся моя коллекция ушла с молотка. Ты, видно, газет не читаешь.

— Вся? Тебе понадобились деньги?

— Совсем нет. Просто теперь я коллекционирую другое. Пойдем. — И он сорвался с места.

Я нехотя покинул кресло, продолжая дегустацию уже на ходу. Ноги стали ватными, шел я осторожно. Собственно, дегустация закончилась, теперь я просто пил коньяк.

Следжер убежал далеко вперед. Дом у него немаленький, и все же я удивился, озираясь на пороге просторного зала с плотно зашторенными окнами. Вокруг на низких подиумах громоздились железяки — крашенные, сверкающие, ржавые. Некоторые из них показыва-



## ФАНТАСТИКА

лись мне знакомыми. Я пригляделся. Круглая вогнутая крышка, выложенная изнутри потемневшими зеркалами...

— Да, да! — нервно сказал Следжер, бросив взгляд в мою сторону. — Это солнечная батарея с русского лунохода.

— А это? — указал я бокалом.

— Заборник образцов грунта с «Викинга-1». То есть та дурацкая штанга, что торчит, как вывихнутая пятая нога.

Я огляделся. Легкое дежа вю не отпускало. Я это уже видел раньше. Где? В энциклопедиях по истории техники? В документальных фильмах про освоение космоса?

— ...Утеранный «Фальстафом» контейнер с образцами грунта Титана, — на манер раздраженного экскурсовода бубнил над моим ухом Следжер. — Экспедицию пришлось повторить через два года, так как контейнер тогда не нашли. В новостях об этом много говорили. — Я помню.

— ...Фрагменты автоматической станции «Бигль», замолчавшей при полете к Марсу. Я с неделю собирал металлоискателем обломки, которые оказались рассеяны на двенадцать миль. Ну и так далее.

— Позволь, но это незаконно, — наконец возразил я. — Чья-то собственность, пусть даже утерянная.

Следжер пожевал губами, глянул на зашторенные окна.

— Это мое новое хобби. Фоб, это — настоящее!

— Конечно, это же оригиналы.

— Да, черт возьми, но на это стоит тратить силы! В одном экземпляре, сделано вручную! Все это работало в космосе, а не пылилось в шкафу пластмассовыми модельками. Мировая известность! Знаешь, сколько стоит простой болт с первого прилунившегося «Аполлона»? А слепок следа ботинка Армстронга рядом с ним? Вот!.. Мне уже делают заказы. И знаешь кто?

— Наверное, те же, кто грабит усыпальницы фараонов.

— Фоб! — рявкнул Следжер. — Это известные богатые люди, которым стало тесно на Земле с ее марками, вазами династии Мин и музейной пылью. Понял, вот так!.. Говоришь, чья-то собственность? Ха-ха! По Солнечной системе за сто лет освоения расползлись тысячи аппаратов, и большинство из них давным-давно стало мусором. Свалка истории техники!.. Кстати, а хочешь, чтобы ты помог мне поднять останки «Мира» со дна Тихого океана.

— Ты выбираешь то, что стало легендой. Ладно, без проблем.

— Спасибо. Конечно, легендой! Не буду же я отламывать на сувениры причальные огни у работающей международной космической станции «Омега»!

— А это идея. Фишка в том, чтобы огни продолжали мигать. Увеличит цену.

Дернув усом, Следжер мрачно посмотрел на меня:

— Тебе нравится этот коньяк?

— Да. Настоящий, французский.

Тут он аж задохнулся:

— Проходимец! То-то он показывал мне свою «марсианскую лозу» издала, сквозь стекло. «Условия в парнике нестабильны!»

— Переплатил? — посочувствовал я.

— Как сказать, — ухмыльнулся Следжер. — Я чувствовал подвох, но не понимал, в чем он. За ящик «марсианского» коньяка отдал манипулятор с «Мидаса», с нелетавшего аналога. Это просто кусок металла. Для достоверности я ободрал его в пескоструйке, а еще

заклинил в титановой клешне марсианский бульжник, который там же, возле «парника», и подобрал.

— Считай, вы квиты. По земным меркам коньяк более чем хорош.

— Надеюсь, — проворчал Следжер. Затем, вздохнув, присел на полукруглую железяку, покосился вниз и рассказал, что это фрагмент зубчатого аэродинамического кольца с русской «Венеры». Я тут же вспомнил тусклый цветной снимок. Проработать в условиях ада несколько часов вместо пятнадцати минут! Теперь зубцы потемнели, изъеденные венерианской кислотой... Незнакомый с расценками нового бизнеса, я смутно почувствовал, что Следжер сидит на состоянии.

— А это что?

Кусок ноздреватого шлака, усеянный микрократерами и припорошенный пылью, был заморожен в плоский квадратный стеклянный короб. На узкой боковой грани — изящная медная пластина: «Здесь не ступала нога человека».

Следжер отмахнулся:

— Шутка. Но действительно — нога не ступала. Грунт с безымянного астероида.

— Забавно. Продай.

— Дарю. Аванс за станцию «Мир».

— Спасибо.

Потом он сказал:

— Слушай дальше, Фоб. Лет десять назад удешевление технологии сделало доступным независимый гравитационный привод. Началась эпоха частных планетолетов. Первые туристические рейсы на «Шаттлах» и «Союзах» в двадцатом веке были дешевле раз в десять. Пришедшие им на смену еще более дешевые суборбитальные подпрыгивания на космопланах в мезосферу я даже не учитываю. Наша «Тайм спэйс сенчури» выиграла тендер на производство. В результате этого несколько десятков новейших аппаратов уже пылятся в частных ангарах среди «роллс-ройсов». Почему? Владельцам не хватает фантазии. Наняв из отряда астронавтов пилота и штурмана, они осмеливаются лишь повторить легендарные высадки на Луну и Марс, о чем газеты потом будут писать целый год, словно это подвиг какой-то!.. Был, правда, смельчак — сын главы компании «Шеврон». Он в одиночку пролетел сквозь кольца Сатурна. Этот случай меня насторожил. Ты, Фоб, попал в точку насчет прав собственности. Через пару лет цены на привод снизятся и в космос попрутся вовсе не ленивые богатые бездельники, а незакомплексованные авантюристы. Все значительные артефакты космической эры исчезнут в частных коллекциях или переберутся в музеи. Я многое успел сделать, но упустил главное.

— Что же случилось? — спросил я. — Мне сказали, ты взял отпуск аж за несколько лет и отправился в архаичную кругосветку под парусом.

— Не взял с собой даже телефона, — добавил Следжер.

— Да, трубку никто не брал, — подтвердил я.

Тут Следжер поднялся и вышел из зала. А вернувшись, поставил между нами постаментик с экспонатом в виде маленькой зеленой сферы. Она состояла из зеленоватых прозрачных сегментов и еле приметно искрилась внутри.

Я смотрел, Следжер продолжил задумчиво:

— Главным экспонатом моей коллекции должен был стать «Пионер-10», но не весь, а позолоченная алюминиевая пластина с посланием для инопланетян. Ты понимаешь, в чем уникальность этого аппарата?

— Ну да. Он первый, созданный людьми, который...

— ...пересек пояс астероидов, первым вышел за пределы Солнечной системы. Такой товар выставлять на Сотбис нельзя, но у меня есть клиент, готовый заплатить за пластину не просто большие деньги.

— Понимаю. Однако за эти годы «Пионер»...

— Да, отдалился от Земли на невероятное расстояние. Сделав расчеты, я убедился, что едва успеваю догнать аппарат в точке взврата планетолета — ведь прошло семьдесят лет. Форсированный «Мистраль» был забит многократно дублированными системами регенерации, сублимированной пищей, а снаружи увешан баками с хи-

мическим топливом. Все это на случай, если откажет джи-драйв и придется ползти домой на ионных двигателях.

— С ума сошел! Сколько на это ушло бы времени?

— Пятнадцать лет.

— Смысл? Проще вызвать по радио помощь.

— Исключено. Я должен был во что бы то ни стало доставить платину. Цена того стоила. Вызови я помощь, обязательно нашелся бы умник, который заметил бы схожесть моего курса с «Пионером». Ведь «Пионер» — это легенда нашей цивилизации, и вряд ли НАСА забыло о нем.

— Да уж, — согласился я.

— Риск был велик. Технология сверхдальних полетов не отлажена. И выходит, мне первому предстояло покинуть Солнечную систему и выйти в межзвездное пространство.

— Да, это впечатляет.

Следжер понимающе кивнул в ответ и продолжил:

— «Пионер» уже полвека не подавал сигналы, — видимо, изотопная батарея сдохла. Два месяца я шел среди звезд с постоянным ускорением. Признаюсь, это было откровением. Звезды были везде, даже под ногами — стоило выключить свет на борту. Солнце быстро уменьшалось и в конце концов пропало. Впервые я по-настоящему был один. Вообще один, понимаешь?

Мне оставалось только промолчать.

— Потом я два месяца тормозил. И вдруг радар зафиксировал впереди искорку металла. За семьдесят лет ничто не сбilo станцию с курса на Альдебаран, который она достигнет через два миллиона лет!.. Фары моего «Мистрала» осветили «Пионер» — потемневший, обглоданный пустотой и галактическим ветром. Теперь мы вдвоем мчались прочь от Земли. Я пристегнулся к кораблю стальной тросом и осторожно полетел к «Пионеру». Признаюсь, стало жутко. Нельзя сказать, что я был далеко от Земли — я был нигде.

Проговорив это, Следжер торопливо опрокинул себе в рот содержимое бокала целиком.

— Дальше? Я осветил фонариком — борт «Пионера» оказался взломан. Позолоченный прямоугольник исчез. Я долго разглядывал оборванные провода и лохмотья фольги и не сразу заметил это. Это! — Он перевел взгляд на водянисто-зеленый шарик, искрящийся изнутри. — Схватил его и ломанулся к себе на «Мистраль». Потому что пора было уносить ноги. Я не собирался лететь к Альдебарану.

— И что? Какой-нибудь датчик? — хмыкнул я.

— Этой детали не было в конструкции.

— Значит, кто-то опередил тебя.

— Но ни один планетолет не покидал Солнечную систему!

— Это точно?

— Стопроцентно! Потому что все шло через нас, даже... э-э, левые сборки. Впрочем, это не мое дело.

Мы наклонились к маленькой сфере. Зеленая глубина тихо мерцала, и искорки текли от поверхности к центру.

— Ты думаешь, что?.. — прошептал я.

Следжер повел плечами и ответил еле слышно, гипнотизируя взглядом зеленый шарик:

— Не стыкуется. Зачем им оставлять артефакт в месте, вероятность посещения которого человеком не больше одной миллиардной? Одной миллионной от одной миллиардной.

— Но ты же там оказался, — возразил я. И задумался. Выпитый коньяк тому способствовал. Так прошло несколько минут.

— И что? — наконец подал голос Следжер. — Придумал? Говори. Я помню, ты еще в школе под партией читал фикшнс.

— Когда это было!

— Странно, что я работаю ближе к звездам, чем ты.

— Бизнесу все равно.

— Это верно, — кивнул Следжер. — Итак?

**Н**о в этот момент за окнами потемнело. Казалось, небо задернуло гигантской шторой. Пол и стены сотрясла мелкая дрожь, и тяжелые экспонаты с тоскливым скрипом сдвинулись со своих мест,

а легкие, подпрыгивая, скатились с постаментов и подиумов. Следжер беспомощно огляделся.

Однако шторы в небесах резко отдернули, и тут же солнце снова ударило в занавешанные окна. Снаружи донеслось удаляющееся раскатистое эхо. Следжер вскочил и стал прислушиваться. Потом прохрипел:

— Это в ангаре! — И пулей вылетел из зала.

Не без труда (в голове шумело) мне удалось последовать за ним. Зрелище оказалось не для слабонервных.

Приземистый гараж-ангар, где вице-президент ТСС держал свои ездящие-плавающие-летающие игрушки, был разворочен прямым попаданием в крышу. Станным попаданием: ни гари, ни разлетевшихся кусков армированного бетона. Кто-то аккуратно вырвал из крыши огромный круглый кусок. Сквозь пролом блестели помятые борта «роллс-ройсов» и «хаймаунтов». Видеокамеры внешней системы охраны были не в себе: похоже, ведающий ими электронный мозг явно не понимал, как и куда исчезла часть крыши.

Но и это не все. Под дырой на полу образовалась свободная площадка с оборванными кабелями и шлангами по окружности. Вероятно, еще недавно здесь стояло что-то округлое и большое. Кабели искрились; что-то с хлопьями лилось из шлангов, и шипя вырывались плотные белые клубы измороси.

— «Мистраль»! — упавшим голосом произнес Следжер.

— Вызовешь полицию? — спросил я.

— Ты с ума сошел! Они же обшарят весь особняк.

И тут мне что-то показалось.

— Что это там?

Некоторое время мы всматривались в шевелящиеся клубы. Змея в металлической оплетке с рассерженным шипением метнулась в сторону, и пар рассеялся. На каменных плитах посреди темной маслянистой лужи в лучах солнца сиял низкий полупрозрачный цилиндр размером с хороший жернов. Его голубоватая толща тихо мерцала, причем очень знакомо. Мы переглянулись.

Притихший Следжер пощелкал тумблерами на распределительном щите. Треск и шипение смолкли. Из-за огромной дыры в потолке здесь, в ангаре, было тепло и солнечно, как на лужайке.

Усевшись на скользкое крыло «роллс-ройса», Следжер рукавом смахнул бетонную крошку с мятого капота и мрачно произнес:

— Ну?

Похоже, он подсчитывал убытки.

Я несколько раз обошел голубоватую глыбу, напоминавшую обточенный на станке кусок морского льда.

— Чужой мир не более фантастичен, чем наш. Везде во Вселенной мы наверняка найдем колесо или лестницу — обычную, со ступеньками, или дверь на двух петлях.

Следжер проворчал:

— Фоб, ты точно больше не ездешь на конях? Какая дверь на петлях?

— Не езжу, нету времени. Осталась привычка рассуждать. Поэтому закончу мысль: а еще мы найдем там страсти и пороки.

Он лишь тяжело вздохнул:

— Знаешь, сколько стоит планетолет?

— А сколько стоит эта штука?

— А... черт тебя побери! — ахнул Следжер.

Он больше не сводил глаз с прозрачного жернова и, похоже, теперь подсчитывал прибыль.

Я усмехнулся:

— Ты просил гипотезу? Изволь. В этой истории есть повторяющиеся моменты. А за повторами должна стоять система. Очевидно, страсть к коллекционированию не есть привилегия человечества. Если бы ты мог, то стал бы коллекционировать уникальные космические машины чужих цивилизаций? А что? Как смотришь на возможность поставить на подиум первый в галактике аппарат, вернувшийся из погружения в черную дыру?

Я ждал. И тут глаза Следжера округлились.

— Очень может быть... Конечно, Фоб! «Пионер» такому экземпляру в подметки не годится!

Это было ясно, но вот что хотелось узнать:

— Почему они не вступают в официальный контакт с человеком?

— И почему он не уволок «Пионер» целиком? — как бы вторя мне, пробормотал Следжер.

Я раздумывал с полминуты:

— Ладно, держи версию. Эта горошина навела на твой планетолет. А «Пионер» можно выловить и после.

— Ловко! — явно огорчился Следжер. — Вот проходимцы!

— Повторяю: твой «Мистраль» — вещь уникальная, второго такого уже не будет никогда, как и второго «Пионера-10».

— Негодяи!.. Или негодяй! Он украл мою идею!

Я пожал плечами:

— А вдруг он совершил равноценный обмен? Что мы знаем об инопланетной этике? Что за безделушки оставлены тебе взамен? Не удивлюсь, если окажется, что зеленый шарик — нечто вроде нашей золотой пластины с посланием. А эта штука, — я кивнул на жернов, — нечто для перемещения в пространстве. Потомок джи-драйва, а?

С благоговейным ужасом Следжер посмотрел на огромную полупрозрачную шайбу, или жернов, как угодно.

— Что ты предлагаешь? — проговорил он хрипло.

— Организуй экспертизу артефактов. Ну, легенду их появления ты, не сомневаюсь, сам сочинишь. Или тебе помочь?.. Думаю, этот мячик дороже всей твоей космической коллекции. Что уж говорить про сей предмет! — И я опять кивнул на жернов. — Впрочем, я могу ошибаться. Только версия.

— Нет! Пусть все будет так, как ты сказал. — Следжер схватил трубку телефона: — Лаборатория? Срочный заказ!

**З**везды привычно мерцают в лобовом стекле. Много я повидал их за прошедшие десять лет так же близко, как наше Солнце...

Положительная экспертиза артефактов развязала нам со Следжером руки, открыла многие двери. Еще бы! Ведь на Землю попали настоящие предметы из чужого мира, а не расфокусированные видеокадры, снятые дрожащей рукой. Когда это стало ясно, Следжер сразу ушел из своей «Тайм спейс сенчури», а я продал «Дип си абисс».

В нашей новой фирме Следжер занимается тактикой, я — стратегией.

Попутно Следжер основал музей «Истории освоения космоса», выставив там свои уникальные экспонаты. Под возможность изучать взеземные артефакты ему простили все нарушения прав собственности. Залы забиты раритетами начала космической эры, ну а посетителей — не протолкнешься.

Изучение «зеленой сферы» позволило сделать гигантский рывок в сверхкомпактном хранении информации. Полупрозрачный цилиндр действительно оказался приводом, опередившим джи-драйв на сотню поколений. Несколько фирм безуспешно пытаются повторить его конструкцию.

Наивные ученые искренне считают, что десять лет назад, во время продолжительного отпуска, Следжер наткнулся в поясе астероидов на два взеземных артефакта — «сферу» и «цилиндр» — и что больше ничего инопланетного на Земле нет. Да будет так — мы строго выполняем условия договора с галактической Гильдией коллекционеров.

К своему музею Следжер быстро охладил после первого же посещения съезда участников Гильдии в системе Мицара. Вернувшись, он передал музейное хозяйство сыну. И все же одно не дает ему покоя: в коллекции нет первого, русского, спутника Земли. Считается, что он сгорел в атмосфере. На самом деле известно лишь то, что он пропал с экранов радаров. Поэтому мы подключили к работе с несговорчивым владельцем раритета лучших юристов в нашей ветви Галактики — парней с Омикрона Рыси. Они обязательно что-нибудь придумают. А заодно мы разберемся, кто в конце XX века сверхквоты завладел аппаратами нескольких марсианских экспедиций. Думаю, это были «черные» коллекционеры, похитившие объекты с нарушением принципа Гильдии: «Если нельзя, но очень хочется — оставь равноценную замену»...

Я поставил бокал в специальную выемку на пульте и повернулся к двери:

— Ты скоро?

Следжер пыхтел в салоне, двигая поющие вазы с Мизенеры. Так он добивался особого созвучия. По мне, они в любом расположении поют божественно. Это не вазы, а полые псевдоживые кристаллы, в голос тоскующие по своей кристаллической родине.

Тренькнул телефон. Я развернулся вместе с креслом, забросил ноги на пульт.

— Да! Добрый. Как договаривались. Все правильно, у нас есть такой каталог — без указания цен. Не имеет значения? Очень хорошо, мистер Нордкап! Работать с вами — удовольствие. Считайте, что статуя бога насекомых уже у вас в руках.

Теперь надо свериться со списком. Двенадцать позиций, две недели полетов в пределах пятидесяти световых лет. Забрать товар с пяти планет, передать на три. Две планеты — изоляты вроде Земли, гордо считающие себя одиночками во Вселенной. Гильдия не заинтересована в официальных контактах цивилизаций, и ясно почему: наш рискованный бизнес сразу захиреет под взглядами многочисленных спецслужб...

Тем временем Следжер, сильно сопя (он здорово растолстел) забрался в соседнее кресло и небрежно опустил жирную ладонь на матовый экран — иначе двигатель не включится. Потомок джи-драйва глубоко настроен на Следжера. Никто другой, даже я, поднять корабль не может. В свое время это защитило нас от шантажа, которым по земной привычке азартно занялись политики, военные и предстатели крупного бизнеса.

Я бережно взял в ладонь бокал — неземной аромат! «Амброзия». Место изготовления — система звезды Алголь, выдержка четырьмя годами. Не вино, не коньяк — действительно амброзия, на Земле аналогов этому нет. Однако, так и не пригубив, я вернул бокал в углубление на пульте. В спешке такие произведения искусства не пьют.

Поехали? Вот именно. Привычно наблюдаем, как рывком пропадают Солнце и Земля, стремительно синеют звезды по курсу и краснеют за кормой. Поехали...

Наши периодические отлучки из Солнечной системы вызывают самые тяжелые подозрения спецслужб. Пока нам это сходит с рук, но боюсь, и там найдутся люди, в детстве читавшие сайнс фикшн. На этот случай я разработал план под кодовым названием «Следжер и Фоб случайно открывают иную цивилизацию». И нас опять надолго оставят в покое. Правда, из Гильдии выгонят. Не беда! На этот случай у меня есть другой план. Но об этом позже.

А сейчас... Половину времени мы работаем на Гильдию, другую половину — на себя. На Земле сложилась солидная клиентура.

Едва дела пошли в гору, Следжер выкупил у коллекционера с теты Леры позолоченную пластину с «Пионера-10» и прибил ее на двери кабинета. Гвоздями.

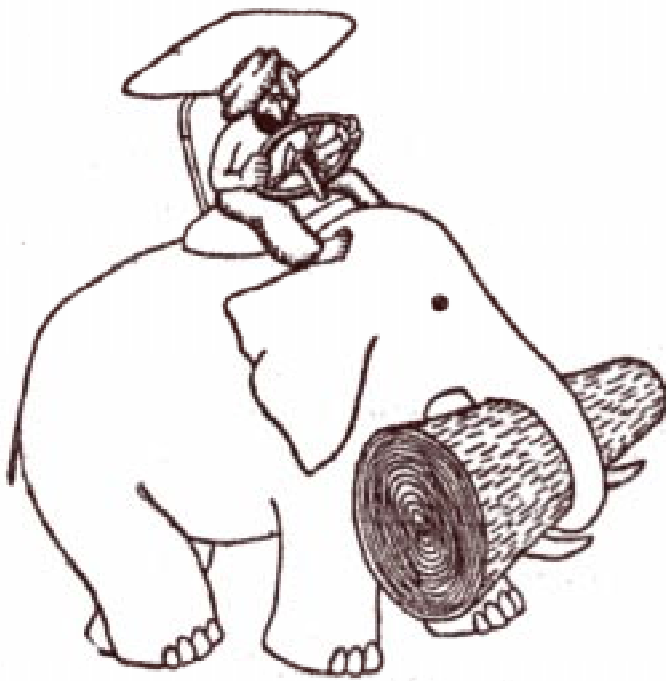
Отдыхать мы любим на искусственной планете возле Сириуса Б.

Жаль, что договор с Гильдией не распространяется на наши семьи. Родные за десять лет привыкли, что мы со Следжером часто отбываем в скучные командировки в страны третьего мира — будто бы ищем там сырье для производства одноразовой съедобной посуды.

Мы не вступаем в контакты с властями любого ранга. Все места посадок принадлежат Гильдии и надежно защищены от посторонних. Сидеть в неустановленном месте — большой риск. Если этим пренебречь, то, бывает, рождаются легенды о пришельцах. Особенно это актуально на скучающих планетах-изолятах.

Когда-нибудь, конечно, все откроется и наши ксенологи будут в шоке. Я их понимаю. Каково будет узнать, что таинство Первого Контакта отныне и навеки присвоено наглыми и прагматичными коллекционерами-контрабандистами?





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Слоны на лесоповале

Специалисты по охране окружающей среды говорят, что популяция диких слонов в Мьянме (Бирма) уменьшается с угрожающей скоростью. Но это не связано ни с нарушением их среды обитания, ни с серьезными заболеваниями: животных отлавливают и увозят работать.

Согласно наблюдениям, примерно десять лет назад по лесам Бирмы бродило 10 000 диких слонов. Теперь они практически исчезли. Проанализировав ситуацию, ученые пришли к выводу, что исчезнувшие особи просто присоединились к тем, кто уже давно переселился в поселки лесозаготовителей (по сообщению агентства «News Nature» от 19 июля 2005 года).

До Второй мировой войны в этой стране работало около 10 000 слонов. Во время войны многие были убиты, пришлось привлечь новую рабочую силу. И хотя в 1995 году отлов животных был запрещен, он продолжается до сих пор. Сегодня подневольным трудом занимаются около 6000 особей. От этих слонов не получают потомства, чтобы не снижать производительность их труда, поэтому и приходится постоянно добывать новых грузчиков.

Экологи планируют провести тщательное расследование, чтобы понять, сколько диких слонов еще осталось в Мьянме. По предварительным подсчетам — менее 2000. Отпускать на свободу прирученных не имеет смысла: они не боятся людей, будут совершать набеги на поля и снова попадут в плен.

Возможно, тот факт, что слоны незаменимы на лесозаготовках — они прекрасно справляются с работой и не загрязняют окружающую среду, — поможет убедить местных жителей сохранить их популяцию. Понятное дело, отправлять на принудительные работы самых умных и добрых обитателей страны не бирманцы додумались первыми. Но исторический опыт показывает, что в отдаленной перспективе это не так уж и выгодно.

**М. Егорова**

## Пишут, что...



...на основе фотометрии звезд в близких иррегулярных галактиках выявлено молодое и старое звездное население («Астрономический журнал», 2005, т.82, № 7, с.563)...

...космические вспышки гамма-лучей с энергией 300 ГэВ можно фиксировать по черенковскому излучению атмосферы Земли («Astrophysical Journal», 2005, т.624, № 2, с.641)...

...исследована структура и химический состав метеорита Ундюлонг, упавшего в Жиганском районе Якутии 11 сентября 1986 года («Доклады Академии наук», 2005, т.404, № 3, с.385)...

...так называемые фраунгоферовы линии солнечного спектра играют важную роль в эволюции биосферы («Вестник РАН», 2005, т.75, № 6, с.522)...

...в университете Ланкастера (Великобритания) впервые наблюдали турбулентность сверхтекучей жидкости («Успехи физических наук», 2005, т.175, № 8, с.862, <http://prl.aps.org>)...

...предложен новый метод определения нуклеотидной последовательности ДНК, в сто раз более быстрый, чем традиционный метод Сэнгера («Nature», 2005, т.437, № 7057, с.326, с.376—380)...

...при размерах, меньших некоторого критического радиуса, наночастицы уже не могут рассматриваться в качестве автономной термодинамической фазы («Известия РАН, серия физическая», 2005, т.69, № 7, с.1036)...

...аллергия — результат слияния двух форм реакции на чужеродный агент: специфического иммунного ответа и воспаления («Патологическая физиология и экспериментальная терапия», 2005, № 2, с.2)...

...патогенные бактерии могут стимулировать иммунный ответ против своих конкурентов — бактерий других видов, обитающих в той же экологической нише, например на слизистой оболочке носоглотки («Nature», 2005, т.436, № 7050, с.445)...





...бактерия *Brachymonas petroleovorans* питается циклогексаном, широкоизвестным промышленным растворителем («Science», 2005, т.309, № 5742, с.1795)...

...расшифрована вся цепочка событий на уровне генов и нервных клеток, запускающих брачное поведение у самцов дрозофилы («Cell», 2005, т.121, № 5, с.664)...

...теломераза человека и дрожжей обычно работает как обратная транскриптаза, используя в качестве матрицы собственную РНК, но в присутствии солей марганца может наращивать концевые участки ДНК и без РНК-матрицы (PNAS USA, 2005, т.102, № 28, с.9778)...

...у самцов сиалии восточной, которые занимают места для гнездования раньше других, перья интенсивнее отражают ультрафиолет («Animal Behaviour», 2005, т.69, № 1, с.67)...

...выход мутаций на единицу дозы радиоактивного излучения у человека во много раз меньше, чем у мыши и дрозофилы, что, возможно, говорит о существовании у нашего вида неизученного механизма репарации («Доклады Академии наук», 2005, т.403, № 6, с.837)...

...по результатам международного кардиологического исследования рекомендована новая «терапия первого выбора» для больных гипертонией («Химико-фармацевтический журнал», 2005, т.39, № 6, с.55)...

...концентрация аскорбиновой кислоты в крупных и особенно в средних плодах актинидии значительно выше, чем в мелких («Аграрная наука», 2005, № 8, с.28)...

...в донных осадках сероводородной зоны Черного моря найдено ранее неизвестное многоклеточное животное; определить его принадлежность к какому-либо классу типа членистоногих пока не удалось («Вестник зоологии НАНУ», 2005, т.39, № 4, с.67)...



## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Толстое брюхо к учению глухо

Гормон лептин, регулирующий аппетит и обмен веществ, вырабатывают жировые ткани, уменьшая тем самым потребность в пище. У людей с ожирением наблюдается его избыточное производство, что по идее должно предохранять их от пагубного пристрастия к еде. Однако этого не происходит: специалисты полагают, что причина в пониженной чувствительности к лептину.

Результаты исследований, проведенных за последние десять лет, говорят о том, что существует определенная связь между плохой памятью и болезнями, связанными с нарушениями обмена веществ, в том числе ожирением и диабетом. Ненормально высокий уровень лептина может нарушать функцию клеток мозга, уверены Дженни Харвей и ее коллеги из университета города Данди в Великобритании. Они утверждают, что у диабетиков наблюдаются потеря кратковременной памяти и симптомы, напоминающие болезнь Альцгеймера (по сообщению агентства «News Nature» от 20 июля 2005 года).

С этим согласен Мэтью Вайнер из Техасского университета в Сан-Антонио. В экспериментах на крысах он показал, что избыток гормона препятствует клеткам мозга реагировать на сигналы. По его мнению, лептин влияет на процесс так называемого долговременного потенцирования, при котором повторяющийся импульс делает нервную клетку более чувствительной. Считается, что это клеточная база запоминания и обучения.

Вайнер и его коллеги делали инъекции лептина в гиппокамп — область мозга, отвечающую за хранение информации. При этом улучшалось долговременное потенцирование нейронов, а это должно повышать способность к обучению. В опытах на клеточной культуре оказалось, что существенное увеличение концентрации гормона, например в сто раз, сводит на нет процесс потенцирования.

Итак, может ли избыточный вес ребенка значимо влиять на его школьные успехи? Однозначно ответить на данный вопрос пока нельзя. Харвей полагает, что необходимы дальнейшие серьезные исследования в этой области.



# «И.В.» главный редактор За 40 лет до...

**Е.Р.СЕРЕЖИНОЙ**, Москва: *Полярность в ботанике — характерное для растений различие между морфологически верхней и нижней частью их тела; так, например, корни всегда вырастают из нижнего конца черенка, даже если он на глаз неотличим от верхнего.*

**В.В.ЧАПЛИНУ**, Симферополь: *Зачем желтеют листья — этого мировая наука все еще не сумела выяснить, но почему клены в одной и той же роще бывают и желтыми, и красными, предположить можно: образованию пурпурных пигментов антоцианов способствует повышенное содержание сахаров в древесном соке, поэтому красных листьев больше в хорошо освещенных кронах — там, где выше уровень фотосинтеза.*

**Л.Г.НИКИТИНУ**, Ижевск: *Гремячая ртуть — фульминат ртути,  $Hg(ONC)_2$  — применялась как иницирующее взрывчатое вещество в капсулах.*

**М.Н.ТИГОВОЙ**, Санкт-Петербург: *Благодарим за интересную информацию, которой мы не нашли, когда публиковали статью о камфоре, — Пахомыч из басни Козьмы Пруткова, скорее всего, лечил мозоли на пятках мазью, состав которой приведен в старинном лечебнике: две весовые части мыла, две части воска, одна часть камфарного спирта и одна часть уксуса.*

**НИКАНОРОВУ**, Подольск: *Про теорию менопаузы мы писали не раз (например, в заметке Е.Котиной, «Химия и жизнь», 2003, № 3), однако не видим причин, чтобы не рассмотреть эту тему еще более серьезно и подробно, с экскурсами в генетику и физиологию; спасибо за предложение.*

**А.Б.**, Рыбинск: *Смертельная разовая доза этилового спирта равна 4–12 г/кг, или около 300 мл 96%-ного этанола — но только для лиц без приобретенной толерантности; если некто выпил два стакана спирта подряд и остался жив, это не означает, что справочники врут, — просто этот человек перенастроил свой метаболизм регулярными приемами отравы, и его физиология теперь заметно отличается от нормы.*

**Н.И.БЕРЕЗНИКОВОЙ**, письмо из интернета: *Мы рады, что наши старые розыгрыши живут и побеждают; каемся еще раз, специально для телеканала «Культура» и игроков «Блеф-клуба» — пошутили мы про огурцы, пошутили, не растут они солеными на грядке!*

**А.С.САДОВСКОМУ**, Москва: *Надо же было такому случиться, что единственный экземпляр нашего архива, в котором не было четвертого диска (он по случайности остался в компьютере у производителей), был вручен нашему постоянному и любимому автору; просто людоедство какое-то с нашей стороны!*

...Осенью 1964 года Академия наук СССР назначила своего члена-корреспондента Игоря Васильевича Петрянова-Соколова главным редактором нового, к тому времени еще не существовавшего журнала «Химия и жизнь». Про то, как это назначение происходило, рассказано в августовском номере, здесь же надо подчеркнуть, что попала академия в самую точку.

Возможно, «в порядке исключения», если судить по другим научно-популярным журналам уважаемого ведомства.

Игорь Васильевич Петрянов был наделен удивительными для ученого-естественника литературными способностями. Не поленись, уважаемый читатель, открой старую подшивку (год издания первый — 1965-й, № 3), и прочти «Самое необыкновенное вещество». Или в 9-м номере за 1967 год — заметку «Расшифруйте молекулу нуклеиновой кислоты сами (арифметическая задача из области биохимии)».

Обычно И. В. начинал работать, насколько могу судить, в шесть часов утра. Дома, в байковой пижаме за письменным столом считал на логарифмической линейке (напоминаю — это докомпьютерная эра) что-то по своим научным делам, чертил в тетрадке эскизы и кривые. Проверял рукописи или корректуру — их было, даже не считая «Химии и жизни», немало.

Пригласить к себе домой по делу мог, к изумлению приглашаемого впервые, к семи утра. (Сумевший скрыть удивление сразу зарабатывал себе этим некий положительный балл.)

Статьи в набор и сверстанные номера журнала в печать подписывал Петрянов уж никак не с ходу — нередко правил, и не только «по науке». Мог откопать такой ляп, что не всякий стилист и грамотей угядит.

Что сроки, график — непререкаемый для ежемесячного журнала закон — хорошо понял сразу и никогда редакцию с них не сбивал. В технику же редакционной работы практически не вмешивался.

Конечно, основным делом Петрянова была его научная работа, очень разветвленная. Больше всех его дел известен «ФП» — фильтр Петрянова, средство надежного улавливания мельчайших частиц — аэрозолей, в том числе радиоактивных. Средство поразительной универсальности — пользуются им везде — от атомной промышленности и самых хитрых исследований высоко над Землей до заглушек «Беруши» (берегите уши) и лечения радикулита (см. «Химию и жизнь» № 6 за 1977 год). В последнем случае повязка из материала «ФП» помещается на голое тело страдающего — пониже спины. И.В. не без гордости говорил, что его средством пользуется чуть не все Политбюро ЦК КПСС — ничего не попишешь, возраст... Именовалось это научно-медицинское изделие просто — наж.ник.

Игорю Васильевичу был присущ научный подход — в самом прямом и точном смысле этих слов — ко всему, с чем бы он ни соприкасался. Вот несколько строчек из уже названной здесь статьи — «Самое необыкновенное вещество — обыкновенная вода»:

«Что такое обыкновенная вода?»

Такой воды в мире нет. Нигде нет обыкновенной воды.

Она всегда необыкновенная. Даже по изотопному составу вода в природе всегда различна. Он зависит от истории воды — от того, что с ней происходило в бесконечном многообразии ее круговорота в природе.

При испарении вода обогащается протием, и вода дождя поэтому отлична от воды из озера. Вода из реки не похожа на морскую воду. В закрытых озерах вода содержит больше дейтерия, чем вода горных ручьев. В каждом источнике свой изотопный состав воды.

Когда зимой замерзает вода в озере, изотопный состав льда меняется: в нем уменьшилось содержание тяжелого водорода, но зато повысилось количество тяжелого кислорода. Поэтому вода из растаявшего льда уже отличается от той воды, которая замерзла. Если воду разложить, а потом сжечь добытый из нее водород, то получится снова вода, но совсем другая, потому что в воздухе изотопный состав кислорода отличается от среднего изотопного состава кислорода воды. (Но зато, в отличие от воды, изотопный состав воздуха один и тот же на всем земном шаре.) Вода в природе вечно меняется...»

Из-за тех научных вещей, которыми занимался И.В., его долго «не выпускали», как это тогда привычно называлось. Потом власти все же рискнули. И вот пришел Игорь Васильевич в редакцию после заграничной поездки — рассказать о Праге, показать на экране слайды — был большим любителем тогдашней цветной фотографии. И одна из редакционных модниц спросила его, какой длины юбки носят сейчас там, «у них».

И.В. смущенно развел руками. «Видите ли, чтобы ответить на вопрос о линейной величине, надо сначала договориться о точке отсчета. В случае, о котором вы спрашиваете, разумно, наверное, в качестве таковой принять точку, ради которой и придуманы юбки. Тогда, мне кажется, можно сказать, что носят там чаще всего юбки небольшой положительной длины, нулевой длины, а также отрицательной длины...»

Игорь Васильевич много чего изобретал. Был у него собственный, им придуманный способ удобрения домашних растений (они в его комнате буквально лучились, в том числе холодолюбивые азалии). Был портфель, переделанный в сумку, какие теперь носят чуть не все, — на ремне через плечо. Был проект придуманной им канализации, «противоположной» той, что существует во всех (или почти во всех) городах: И.В. был убежден, что система должна строиться не на разбавлении отходов, как это делается в нашем мире, а, наоборот, на их концентрации — до минимального объема, с последующей переработкой в удобрения и прочие материалы...

К слову: до сих пор не все верят, что профессор Петрянов, заведующий секретной лабораторией, член-корреспондент Академии наук, жил вдвоем с женой в коммунальной квартире, где было еще несколько семей. Согласился переехать, насколько помню, уже после того, как его выбрали в академики; новые дома (это 60—70-е годы) ему, разумеется, сильно не нравились.

И новая квартира в академическом доме не понравилась (увы, не без оснований), зато оказалась буквально рядом с редакцией. Сколько там народу побывало! Художники, археологи, киношники, охранители старины, космонавты... Наде-

юсь, многие до сих пор помнят оказанное хозяином и его супругой Людмилой Юльевной гостеприимство. И вот уж точно — без всякого «различия чина и звания...».

И.В. был абсолютно вежлив и деликатен вплоть до стеснительности. Несмотря на это, мог (очень редко!) и наорать. Это если его довели посягательствами, хуже всего — невежественными, на что-то такое, что он считал очень важным и для себя бесспорным. К числу таких вещей относилась история России, которую он знал превосходно. К слову: знал наизусть всего «Медного всадника». И многое другое из настоящей поэзии.

А что до «повышения голоса», то за двадцать лет в редакции вряд ли набралось больше трех-четырёх таких случаев.

Не умел отказываться от новых, часто почетных должностей. Был главным в Обществе охраны памятников культуры, очень серьезно этим занимался. Безусловно, много сделал для сохранения самых разных старинных зданий, церквей, всячески помогал реставраторам. Потом появилось еще Всесоюзное общество книголюбов. Этому обществу даровали по какой-то причине высокий государственный статус, и в правлении, в кабинете штатного заместителя И.В., появилась «вертушка» — телефон кремлевской АТС. Нетрудно представить себе, как академик Петрянов этим дорожил.

Ну а от телевидения, которое в него вцеплялось все чаще, было все трудней отбиться. А может быть — кто знает? — может, ему это нравилось...

Тогдашнее начальство, в том числе большое, и наши «производственные благодетели» (типография, бумага для печати журнала — ведь все было дефицитом) жаловало Игоря Васильевича, и он это ценил. И умело пользовался — для дела. Равное уважение выказывал и директору комбината, и мастеру-печатнику, и секретарю ЦК КПСС, и тамошнему рядовому сотруднику, именуемому инструктором.

«Химия и жизнь» долгое время была даже под некоторым покровительством этих товарищей. И пользовалась им для обороны от очень уж ретивых ревнителей политической невинности. Таких, естественно, хватало и в самой «директивной инстанции».

Разумеется, для поддержания такого «статус кво» приходилось, и не раз, объезжать острые углы. Никим образом не вступая в открытый конфликт с тогдашней действительной властью.

А еще, пользуясь ее (власти) благосклонностью, Петрянов не раз помогал (бывало — не без настояний добрейшей Людмилы Юльевны) самым разным людям в их непростых заботах. В том числе — о самом насущном, о жилье.

Верил ли академик, Герой Социалистического Труда, беспартийный (!) главный редактор журнала Игорь Васильевич Петрянов-Соколов в учение о коммунизме и обещанное им «светлое будущее»?

Ответить «да» или «нет» — не возьмусь. Твердо уверен лишь в том, что И.В. был патриотом России и законопослушным гражданином нашего государства, оно называлось СССР. К тем немногим, кто открыто оспаривал коммунистическую парадигму, — не принадлежал.



**М.Б. Черненко**

